



M 2014

MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE UMA LINHA DE MONTAGEM DE AEROSSÓIS

EMANUEL ANTÓNIO MENDES DE BRITO
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA
À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL E GESTÃO

Melhoria da Eficiência de uma Linha de Montagem de Aerossóis

Emanuel António Mendes de Brito

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Hermenegildo Pereira



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2014-07-11

Aos meus pais e à minha irmã que dão a vida por mim

Resumo

O acelerado crescimento do volume de vendas da Empresa, nos últimos anos, tem contribuído para um aumento da necessidade de reforçar e sustentar as iniciativas de melhoria contínua. É neste contexto que se enquadra o presente projeto de melhoria da eficiência de uma linha de montagem de aerossóis.

A linha em estudo apresentava valores de eficiência muito abaixo das metas traçadas. A implementação de um plano de *total productive maintenance* focado no pilar da melhoria contínua surgiu como a primeira abordagem de atuação ao problema central, servindo de base para o desenvolvimento da presente dissertação.

A implementação do plano foi realizada sequencialmente. Numa primeira fase, procedeu-se à análise do histórico da linha. Esta fase consistiu na análise da evolução do indicador de eficiência e das suas perdas durante os catorze meses anteriores à data de início do projeto. Com a decisão de atuar sobre avarias, microparagens e *setups*, as condições básicas da linha foram repostas para ajudar nas fases de levantamento e análise dos problemas.

Relativamente à fase de levantamento, foram desenvolvidas fichas de registo imediato para recolha de dados no terreno e, simultaneamente, realizaram-se sessões de *brainstorming*. A análise dos problemas consistiu no desenvolvimento de diagramas de Pareto, o que possibilitou isolar os mais críticos. Por fim, realizou-se uma análise esforço-benefício que culminou com a seleção de cinco problemas.

Na investigação dos problemas originados por avarias/microparagens, procurou identificar-se as suas causas raiz, recorrendo a ferramentas como o diagrama de *Ishikawa* e a análise dos “5 Porquês”. No que concerne os problemas relacionados com os tempos de *setup* dos equipamentos da linha, a sua análise foi desenvolvida aplicando uma metodologia comumente usada no mundo industrial, designada de *single minute exchange of dies*.

A fase seguinte consistiu na definição de soluções e prioridades na implementação de melhorias para eliminar as potenciais causas raiz dos problemas e os constrangimentos relacionados com os tempos de *setup* dos equipamentos da linha.

No final do projeto procedeu-se à observação da evolução do indicador de eficiência nos quatro meses seguintes à data de início do projeto, tendo-se constatado um aumento de 6% relativamente à média dos catorze meses anteriores.

Efficiency Improvement of an aerosol assembly line

Abstract

The quick growth of the company's sales volume over the last few years has increased the need to strengthen its processes of continuous improvement. The present project of improvement of the efficiency of an aerosol assembly line fits in this philosophy.

The analysed line displayed values of efficiency well below the target set. The implementation of a focused improvement plan emerged as the first approach to the main problem, serving as the basis for this dissertation.

The implementation of the plan was performed sequentially. At first, a historical analysis of the line was carried out. This stage consisted on the analysis of the evolution of the efficiency indicator and its losses during the fourteen months leading up to the start of the project. Once the decision to act on breakdowns, micro stoppages and setups was made, the basic conditions of the line were restored in order to help with the stages of detection and analysis of problems

Concerning the detection stage, checklists were developed to collect data at the line. Simultaneously, brainstorming sessions were performed. The analysis of problems consisted in the development of Pareto diagrams in order to isolate the most critical problems. Then a cost-benefit analysis was executed leading to the selection of five problems.

Concerning the problems caused by breakdowns and micro stoppages, possible root causes were identified using tools such as *Ishikawa* diagrams and "5 Why's" analysis. The next step consisted on the suggestion and implementation of some improvements. Concerning the problems caused by large setup times of the line's equipment, its analysis was performed using a well-known methodology designated by "single minute exchanges of dies", leading to the suggestion of some improvement ideas.

At the end of the project, the evolution of the efficiency indicator during the four months following the start of the project was observed. An increase of 6% over the average of the previous fourteen months was found.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, um agradecimento especial às pessoas mais importantes da minha vida: os meus pais, a minha irmã e as minhas sobrinhas. A eles, um muito obrigado pelo apoio incondicional e pelo amor que sempre me deram e darão ao longo da vida.

Em segundo lugar, um agradecimento aos meus orientadores. Ao meu orientador da Colep, o Eng.º Alexandre Sá, pelos conhecimentos partilhados, pela sua disponibilidade, apoio e simpatia que sempre demonstrou. Sem dúvida, um profissional exemplar. Ao meu orientador da FEUP, o Prof.º Hermenegildo Pereira, um muito obrigado pelo apoio, disponibilidade e, principalmente, pela atenção que sempre revelou. As suas sugestões e recomendações foram essenciais no desenvolvimento desta dissertação.

Em terceiro lugar, um agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste projeto. Ao Gonçalo, pelas suas observações sempre pertinentes. À Eng.ª Raquel Miranda, pelas suas recomendações e sugestões na escrita da dissertação. À Eng.ª Rita Casal, pela sua disponibilidade, apoio e simpatia. Ao Abel Peixoto, pelos conhecimentos partilhados. A todos os mecânicos, pela atenção demonstrada. Ao Eng.º Igor, ao Paulo e ao Sr. Manuel Sousa, pelo apoio na implementação das melhorias. E a todos os operadores da Linha 27, pela paciência demonstrada mas, sobretudo, pela vontade de ajudar na realização do projeto. Ao Avelino, ao Alcides, ao João, ao Vítor e à Sr.ª Dona Arlete um muito obrigado.

Não poderia deixar de agradecer aos meus amigos, Tomé, Fred, Filipe e Pedro pelos momentos e experiências passadas mas, sobretudo, pelo apoio e paciência que sempre revelaram ao longo destes cinco anos.

Para terminar, um agradecimento muito especial à minha Lavi, pela paciência e pelo amor que demonstrou ao longo destes últimos meses. Ela foi a minha fonte de inspiração.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Apresentação da Colep.....	1
1.2	Missão, Visão e Valores da Colep.....	1
1.3	Apresentação da Secção.....	1
1.4	Breve Descrição do Projeto.....	2
1.5	Metodologia Usada.....	3
1.6	Estrutura da Dissertação.....	3
2	Enquadramento Teórico.....	5
2.1	<i>Lean</i> – O Conceito.....	5
2.2	<i>TPM – Total Productive Maintenance</i>	7
2.3	<i>Focused Improvement</i>	8
2.4	<i>OEE – Overall Equipment Effectiveness</i>	9
2.5	Programa 5'S.....	10
2.6	Métodos do <i>Focused Improvement</i>	11
2.7	<i>SMED – Single Minute Exchange of Dies</i>	14
3	Estado Inicial da Linha e Análise dos Problemas.....	15
3.1	O Produto.....	15
3.2	O Processo.....	17
3.3	O <i>Layout</i>	18
3.4	Os <i>Setups</i>	19
3.5	Equipa e Horário de Trabalho	20
3.6	O Projeto <i>Lean</i>	21
3.7	Cálculo do <i>OEE</i> – Método da Colep.....	21
3.8	Evento 5'S.....	23
3.9	Identificação de Problemas	24
3.10	Seleção dos Problemas	28
3.11	Avarias e Microparagens – Identificação das Causas Raiz	29
3.12	<i>Setups</i> – Classificação das Atividades	35
4	Sugestões de Melhoria e Protótipos Desenvolvidos	37
4.1	Solução para o Problema Nº 1	37
4.2	Solução para o Problema Nº 2	38
4.3	Solução para o Problema Nº 3	39
4.4	Solução para o Problema Nº4	40
4.5	Solução para o Problema Nº 5	45
5	Resultados após Implementação das Melhorias.....	46
5.1	Síntese dos Resultados	46
5.2	Evolução do <i>OEE</i>	47
6	Conclusões e Trabalhos Futuros	48
	Referências	50
	ANEXO A: Mapa de Registo e Controlo de Produção.....	51
	ANEXO B: Codificação de Paragens.....	52

ANEXO C:	Fichas de Registo (Checklists).....	53
ANEXO D:	Diagramas de Pareto	56
ANEXO E:	Folhas de observação de mudança	59

Siglas

5'S – *Seiri; Sieton; Seiso; Seiketsu; Shitsuke*

JIT – *Just In Time*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

SMED – *Single Minute Exchange of Dies*

TEI – *Total Employee Involvement*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

TQM – *Total Quality Management*

Índice de Figuras

Figura 1 – Ramos de atividade da Colep Portugal S.A.	2
Figura 2 – Casa <i>Lean</i> . Fonte: (Wilson 2010).....	6
Figura 3 – Os oito pilares do <i>TPM</i> (Modelo de Nakajima). Fonte: (Pomorski 2004).....	8
Figura 4 – Diagrama e princípio de Pareto combinados.	12
Figura 5 – Diagrama de <i>Ishikawa</i> combinado com a análise dos “5 Porquês”.	13
Figura 6 – As várias partes que constituem uma embalagem de aerossol.	15
Figura 7- Fluxograma do processo de montagem das embalagens dos aerossóis.....	17
Figura 8 - <i>Layout</i> da linha 27.....	18
Figura 9 – Fotografia e esquema explicativo do mecanismo inversor.	19
Figura 10 – Em cima: imagens da linha antes do evento 5'S. Em baixo: imagens da linha após a realização do evento.	23
Figura 11 – À esquerda: gráfico que mostra a evolução do <i>OEE</i> e dos indicadores de performance e disponibilidade. À direita: gráfico que mostra o valor do <i>OEE</i> e a percentagem das perdas operacionais no final do período.	24
Figura 12 – Imagens da sessão de <i>brainstorming</i> realizada.	27
Figura 13 – À esquerda: fundo amassado. À direita: diferenças visuais entre um fundo normal (à esquerda) e um fundo “opado” (à direita).	29
Figura 14 – Esquema ilustrativo do funcionamento do verificador de estanquidade.....	30
Figura 15 – Diagrama de <i>Ishikawa</i> desenvolvido para o problema Nº 1.	31
Figura 16 – À esquerda: corpo caído antes da roseta. À direita: corpo caído antes da cravadeira.....	31
Figura 17 – Diagrama de <i>Ishikawa</i> desenvolvido para o segundo problema.	32
Figura 18 - Esquema de funcionamento do <i>twister</i>	33
Figura 19 – À esquerda: <i>polie</i> da cravadeira. À direita: magnetos colocados nas paredes do flutuador.	34
Figura 20 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> desenvolvido para o problema Nº3.	34
Figura 21 - Análise gráfica ao <i>setup</i> dos transportadores.	35
Figura 22 - Análise gráfica ao <i>setup</i> do verniz (para uma cabeça).	36
Figura 23 – À esquerda: sistema de visão para deteção de fundos amassados. À direita: fundos amassados rejeitados pelo sistema.	37
Figura 24 – A nova configuração da Linha.	38
Figura 25 – À direita: vista frontal do flutuador. À esquerda: vista lateral do flutuador.....	39
Figura 26 - Momento da montagem de uma roseta.	40
Figura 27 - Alterações propostas na estrutura das rosetas.	41

Figura 28 – À esquerda: mecanismo de aperto por volante. À direita: mecanismo de aperto por alavanca.....	42
Figura 29 – À esquerda: recurso a uma embalagem para ajustar a largura das guias. À direita: mudança dos transportadores em altura.	43
Figura 30 – À esquerda: válvula de acionamento de duas posições. À direita: cilindro pneumático.	43
Figura 31 – Depósitos do verniz.....	45
Figura 32 - Análise gráfica da evolução do <i>OEE</i> ao longo dos últimos quatro meses.	47

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Os formatos produzidos na linha 27 e velocidades teóricas admissíveis.	16
Tabela 2 – Paragens mais críticas identificadas para cada equipamento.	25
Tabela 3 – Tempos médios de intervenção no <i>setup</i> de diâmetro.	26
Tabela 4 – Tempos médios de intervenção no <i>setup</i> de altura.	27
Tabela 5 – Tempos médios para o <i>setup</i> das rosetas.	41
Tabela 6 – Tempos médios estimados para o <i>setup</i> das novas rosetas.	42
Tabela 7 – Estimativa dos tempos médios de intervenção no <i>setup</i> de diâmetro depois de implementadas as melhorias sugeridas.	44
Tabela 8 – Síntese dos resultados para os problemas 1,2 e 3.	46
Tabela 9 – Síntese dos resultados para os problemas 4 e 5.	46

1 Introdução

No âmbito do plano de estudos do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão (MIEIG), da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, o autor desenvolveu um projeto curricular com a duração de 5 meses, nas instalações da Colep Portugal S.A., em Vale de Cambra. O projeto tinha como principal objetivo o aumento da eficiência de uma linha de montagem de aerossóis.

1.1 Apresentação da Colep

A origem da Colep remonta a 1965 quando Ilídio de Pinho fundou, em Vale de Cambra, a primeira unidade fabril destinada ao fabrico de embalagens metálicas (Colep 2014a). A unidade de negócio denominada de *contract manufacturing* – formulação fabrico, enchimento e embalamento de embalagens – foi adicionada em 1975, e em 1982, a Empresa iniciou a sua atividade no fabrico de embalagens plásticas (Colep 2014a).

Atualmente, a Colep faz parte do Grupo RAR, representando cerca de 50% do seu volume de negócios (RAR 2014). É um líder global nas indústrias de embalagem e *contract manufacturing* de produtos de consumo. A Empresa tem, hoje, uma dimensão mundial, estando presente nos seguintes países: Portugal, Alemanha, Brasil, Emirados Árabes Unidos, Espanha, México, Polónia e Reino Unido. Emprega cerca de 3600 colaboradores em todo o mundo e apresenta um volume de negócios de 497 milhões de euros em 2013 (Colep 2014b).

1.2 Missão, Visão e Valores da Colep

A missão da Colep é “colaborar com os seus clientes para proporcionar o bem-estar aos consumidores” (Colep 2014a).

A sua visão passa por “ser líder na criação de valor, fornecendo aos seus clientes soluções de embalagem, desenvolvimento de produtos e produção através da inovação, tecnologia e práticas sustentáveis” (Colep 2014a).

A Colep guia-se através dos seguintes valores (Colep 2014a):

1. Foco no cliente – ser proactivo em alcançar e exceder as expectativas dos seus clientes externos e internos;
2. Ética – atuar sempre com respeito, confiança e sentido de justiça;
3. Aprendizagem e criatividade – estar aberto a aprender e ser criativo na procura de soluções com nova aplicação prática;
4. Criação de valor – estar comprometido com a criação sustentável de valor para a Empresa e todas as partes interessadas;
5. Paixão pela excelência – esforçar-se por continuamente melhorar e alcançar a excelência em tudo o que faz.

1.3 Apresentação da Secção

A Colep Portugal S.A apresenta-se organizada em três unidades de negócio. A unidade de *packaging* caracteriza-se pela produção de embalagens metálicas e plásticas. Segue-se o *filling*, unidade onde se produzem os produtos de higiene e os produtos de *homecare* na forma

de aerossóis e líquidos, procedendo posteriormente ao seu enchimento em embalagens metálicas ou plásticas, em estreita parceria com multinacionais. E por último, a área do *co-packing*, onde se faz o reembalamento de produto acabado em formato de *blisters*, *packs* promocionais, entre outros.

A unidade de negócio de *packaging* é dividida entre a produção de embalagens metálicas e de embalagens plásticas. O presente projeto de dissertação debruçar-se-á sobre a área de produção de embalagens metálicas, mais concretamente sobre uma linha de montagem de aerossóis (ver Figura 1).

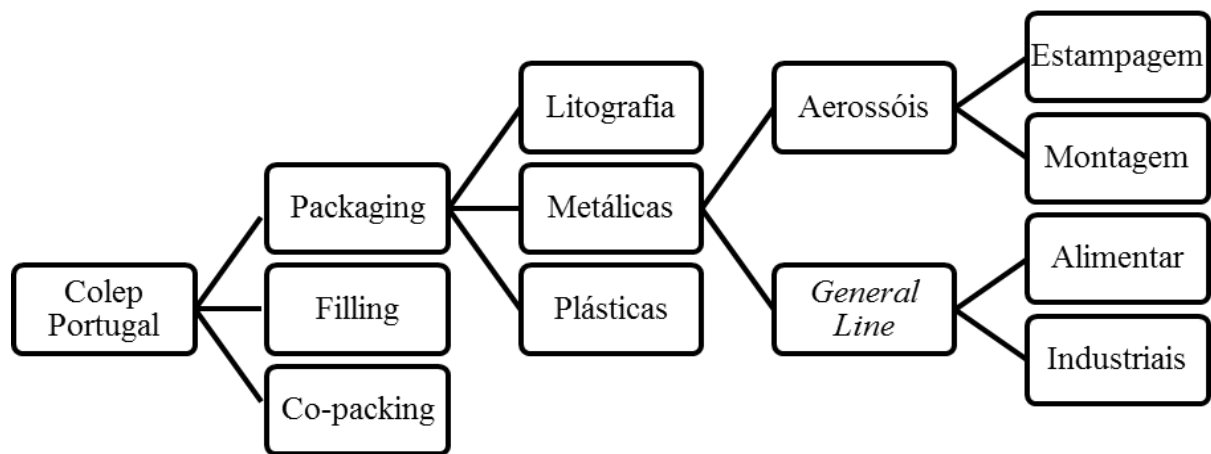


Figura 1 – Ramos de atividade da Colep Portugal S.A.

A linha 27 de montagem de aerossóis que este projeto aborda consiste numa das linhas mais importantes da Empresa. Quando foi adquirida, há 10 anos, tinha como principal objetivo produzir aerossóis de diâmetro 49 mm. Como consequência do crescimento do volume de encomendas de aerossóis de diâmetro 65 mm, a linha passou também a produzir embalagens com este diâmetro.

1.4 Breve Descrição do Projeto

Com as previsões a apontarem para o crescimento da procura em relação ao ano anterior, a Empresa vê-se pressionada a melhorar, cada vez mais, a eficiência e eficácia dos seus processos. A linha de produção, sobre a qual este projeto incide, trata-se de uma linha crucial para que a Empresa consiga satisfazer todas as encomendas de clientes e necessidades do mercado. Contudo, a linha não tem correspondido às expetativas, registando valores de eficiência abaixo dos esperados.

Na sequência deste rápido crescimento de vendas, a direção industrial da Colep definiu um conjunto de projetos prioritários que respondem à necessidade de crescimento de três métricas fundamentais: a qualidade, o custo e o serviço ao cliente. O projeto da linha 27 enquadra-se neste plano de atuação.

O *OEE* da linha 27 apresentava valores deficitários, consequência principalmente dos elevados tempos de *setup* e do tempo gasto na resolução de avarias e microparagens. O arranque de um novo tipo de soldadura que obrigou a adotar um novo sistema de decoração e proteção da costura, foi uma das principais causas para a queda da eficiência da linha. A

Colep pretendia definir um plano de intervenção imediato para atuar sobre as principais perdas de eficiência. A equipa do projeto definiu um plano de *TPM*, incidindo inicialmente sobre o pilar do *focused improvement*. Além do objetivo principal, também se pretendia implementar uma base forte para, mais tarde, sustentar outras metodologias *lean*.

1.5 Metodologia Usada

O projeto iniciou-se com a realização de um programa de 5'S, servindo de base para a implementação do *focused improvement*. O passo seguinte consistiu em perceber quais as perdas que mais contribuíam para os baixos valores do *OEE*. Esta análise foi feita estudando os dados históricos recolhidos a partir do sistema informático da Empresa. Tomada a decisão de atuar ao nível dos *setups*, avarias e microparagens, no âmbito deste trabalho, realizou-se uma recolha de dados mais exaustiva no *gemba*¹ e sessões de *brainstorming* com as equipas. O objetivo consistiu em identificar os principais problemas de cada equipamento e ouvir os operadores para perceber quais as principais dificuldades encontradas diariamente, na realização dos *setups* e na fase do pós *setup*. Sempre que surgiu a necessidade de isolar microparagens e avarias mais críticas, recorreu-se a ferramentas como o diagrama de Pareto. A fase de levantamento dos problemas culminou com a seleção dos problemas a analisar. É importante referir que a escolha dos problemas foi realizada segundo uma análise esforço-benefício.

Na fase seguinte, a recolha de dados continuou. Ao nível das avarias e microparagens, realizaram-se diagramas de *Ishikawa* em conjunto com a análise dos “5 Porquês”, de modo a descobrir as causas raiz potenciais dos problemas. Uma vez descobertas, foram propostas soluções em conjunto com a equipa do projeto. As soluções foram implementadas e posteriormente acompanhadas no sentido de perceber se estavam efetivamente a gerar melhorias. Ao nível dos *setups*, estes foram caracterizados detalhadamente recorrendo à recolha de filmagens. Seguiu-se uma análise cuidada dos vários tipos de *setup*, utilizando o método *SMED*. Depois de selecionadas as alterações, foram medidos os possíveis ganhos resultantes das alterações propostas.

Importa referir que todo o projeto foi realizado de forma iterativa, de acordo com o ciclo *PDCA*.

1.6 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação foi organizada em seis capítulos, suportados por cinco anexos.

Neste capítulo é apresentada a Empresa, a secção da Empresa onde o projeto se vai desenvolver, é feita uma breve descrição do projeto e apresentada a metodologia usada na sua abordagem.

No capítulo 2 será efetuado o enquadramento teórico do *TPM*, mais concretamente o pilar do *focused improvement*, nomeadamente, todos os métodos que sustentam este pilar e que serviram de base à realização deste projeto.

No capítulo 3 será apresentado o estado inicial da linha, serão apresentados os principais problemas identificados e selecionados aqueles sobre os quais se pretende atuar. Seguir-se-á a identificação das causas dos problemas selecionados. No caso das avarias e microparagens

¹ *Gemba* é um termo japonês, utilizado na indústria para designar o chão de fábrica.

serão apresentados os diagramas de *Ishikawa* desenvolvidos. Relativamente aos *setups*, será feita a classificação das suas atividades em internas ou externas e calculada a taxa de desperdício.

No capítulo 4 serão sugeridas algumas propostas de melhoria e, em alguns casos, apresentados os protótipos desenvolvidos para cada um dos problemas selecionados, não descurando a justificação da viabilidade económica das soluções propostas e o seu impacto no *OEE* da linha.

No capítulo 5 serão apresentadas a síntese dos resultados obtidos e previstos e a evolução do *OEE* nos quatro meses seguintes à data de início do projeto.

No capítulo 6 serão apresentadas as conclusões globais do projeto, assim como algumas propostas de trabalhos futuros.

2 Enquadramento Teórico

2.1 *Lean* – O Conceito

A definição do conceito de *lean* não é consensual e as formulações sobre os objetivos gerais do conceito também são divergentes, de autor para autor. É difícil encontrar na bibliografia consultada uma definição que capture os elementos que *lean* integra. Contudo, segundo Pettersen (2009), parece ser consensual incluir: práticas focalizadas na criação de valor (*heijunka*, *pull system*, *just in time*, *takt production*, *process synchronization*); redução de recursos (lotes pequenos, eliminação de desperdício, redução do tempo de *setup*, redução do *lead time*, redução de inventários); melhoria contínua (*kaizen*); resolução de problemas (análise das causas raiz, “5 Porquês”); zero defeitos (*jidoka*, *poka yoke*, 100% de inspeção, *andon*); normalização (5’S, *standardized work*, *visual control and management*) e técnicas de gestão (*hoshi kanri*, *time/work studies*, *multi manning*, *work force reduction*, *layout adjustments*, *cellular manufacturing*).

A definição de *lean* poderá ser compreendida se voltarmos à sua origem, ao sistema implementado na Toyota, divulgado como *TPS - Toyota Production System*. Segundo Wilson (2010), o *TPS* continua, ainda hoje, a ser um dos mais bem documentados sistemas e um dos melhores exemplos de sucesso de implementação *lean*. O *TPS* é muitas vezes confundido com o conceito de *lean* porque o objetivo dos dois é que o processo se realize com menos recursos de:

- Material;
- Investimento;
- Inventário;
- Espaço;
- Pessoas.

Contudo, existem diferenças entre os dois conceitos (Wilson 2010). O *lean* surge como uma evolução do *TPS*, divulgado como um sistema de produção focalizado em criar e preservar valor reduzindo custos desnecessários pela eliminação do desperdício. É suportado por uma forte base de qualidade, está em constante evolução e é apoiado por uma cultura forte e saudável, que é gerida de forma consciente, contínua e consistente.

O *Toyota Production System* é construído com base em dois pilares (Wilson 2010):

- O *JIT – Just In Time*, descrito com uma técnica que fornece, exatamente, a quantidade correta, no momento exato e no local pretendido. Trata-se de um controlo de fluxo puxado pela entrega ao cliente e é visto como o coração do *TPS*.
- O *jidoka*, consistindo num conjunto de técnicas e culturas que visam abordar as máquinas e a mão-de-obra de forma conjunta, utilizando as pessoas, exclusivamente, para as tarefas a que elas estão habilitadas a fazer e permitindo que as máquinas autonomizem o processo. Este pilar recorre a táticas como o *poka-yoke* (métodos para evitar a ocorrência de erros em processos de produção), *andons* (indicadores visuais como luzes que indicam o *status* do processo, principalmente, anormalidades) e 100% de inspeção das máquinas. O conceito central deste método é que as peças com defeito não avancem no processo prevenindo o desperdício. Trata-se não só de uma forma de

proteger o cliente e reduzir sucata, mas também de uma ferramenta de melhoria contínua e um elemento chave para que o *kanban* funcione.

Ainda segundo Wilson (2010), existem duas grandes diferenças entre os conceitos de *lean* e de *TPS*. A primeira grande diferença está relacionada com o facto de, atualmente, para implementar uma filosofia *lean*, as empresas precisarem de um esforço maior no controlo dos processos. Hoje, mais do que nunca, os esforços feitos para alcançar uma filosofia *lean* tornaram-se sinónimo não só de controlo dos processos mas também de qualidade. Por outro lado, o *TPS* foi implementado num contexto onde os recursos disponíveis para os processos eram exíguos, não sendo tolerável qualquer tipo de desperdício. A segunda grande diferença está relacionada com a cultura da organização que na Toyota se desenvolveu com o *TPS* e se fortaleceu com os resultados de sucessivos ciclos de melhoria conduzidos no *gemba* por círculos de qualidade. Outras empresas que praticam *lean*, pelo menos nos primeiros anos, raramente conseguem ter uma cultura forte e focada como a da Toyota. Contudo, estas empresas poderão alcançar a excelência dos sistemas *TPS* com muito trabalho e dedicação. Pode-se afirmar que o sistema *TPS* também é *lean*, mas nem todos os projetos *lean* são feitos segundo os padrões do *TPS*.

A casa *lean*, apresentada na Figura 2, ilustra de forma clara o conceito e as suas origens.

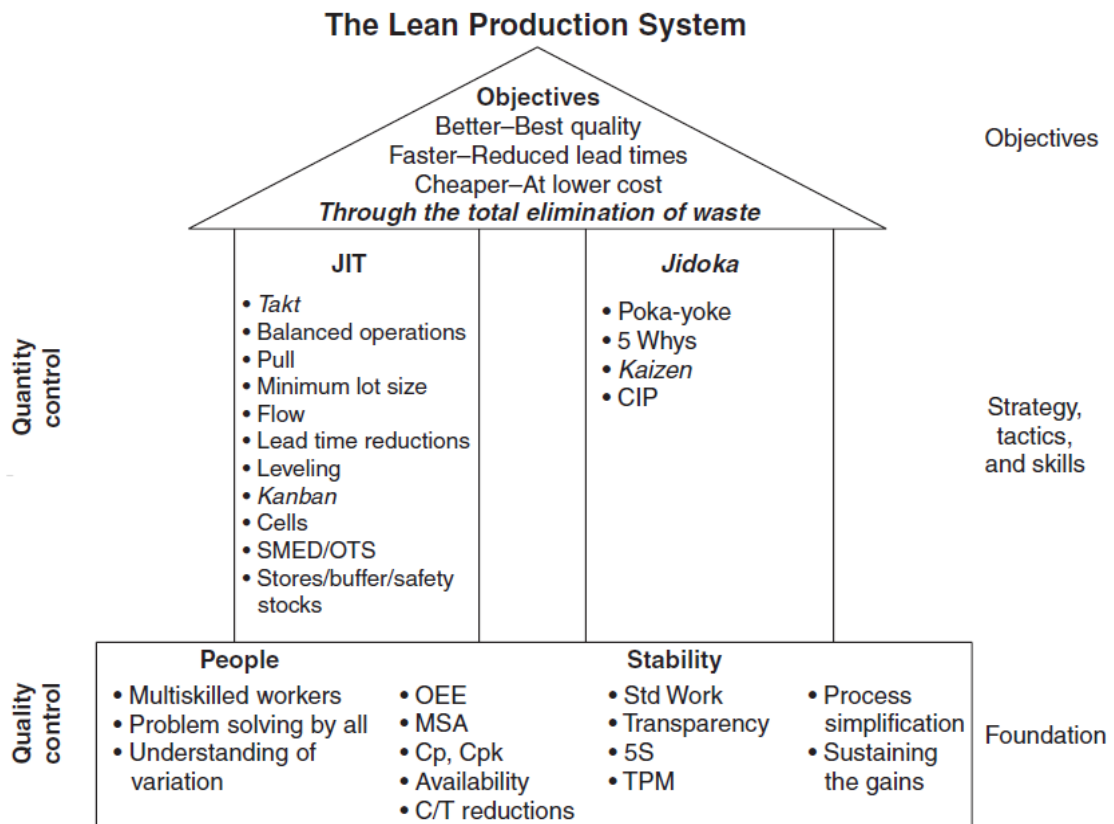


Figura 2 – Casa Lean. Fonte: (Wilson 2010)

Os dois pilares da casa *lean*, *JIT* e *jidoka*, explicados anteriormente, quando construídos permitirão o controlo da quantidade. Todavia, para que estes possam ser construídos é fundamental, antes de tudo, implementar um forte controlo de qualidade. Para tal, é necessário em primeiro lugar treinar e formar a mão-de-obra no autocontrolo. Em segundo lugar, tornar todos os processos estáveis e capazes de ir de encontro com as necessidades dos clientes. De forma a alcançar este controlo são utilizadas ferramentas, tais como: *OEE*, *Standard Work*,

5'S, *TPM*, etc. Uma vez que o projeto que fundamenta esta dissertação aplicou prioritariamente o *TPM*, far-se-á uma análise mais exaustiva do conceito.

2.2 *TPM – Total Productive Maintenance*

2.2.1 Definição e Objetivos

A definição de *TPM – Total Productive Maintenance* tem sofrido profundas alterações ao longo do tempo (Kumar Sharma e Bhardwaj 2012). A sua origem remonta aos anos 1940's e 1950's, na altura recebendo a designação de *Earlier Productive Maintenance*, consistindo num desenvolvimento de técnicas de manutenção preventiva, com o objetivo de melhorar a fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos. Nos anos 1960's, empresas como a Toyota, Mazda e Nissan, começaram a usar os primeiros programas de *TPM*, designados na altura de *Productive Maintenance With Total Employee Participation*, com o objetivo de melhorar a performance dos equipamentos. Contudo, tiveram pouco sucesso. Nos anos 1970's, a adoção de programas de *TPM* começaram a aparecer no Japão, como meio de melhorar a eficiência da produção. A sua expansão para os EUA e ocidente deu-se nos anos 1980's e 1990's, quando as empresas começaram a ter uma maior preocupação com a melhoria da qualidade, introduzindo planos como o *TQM – Total Quality Management*.

O conceito de *TPM* é hoje um conceito muito mais abrangente do que quando apareceu há 60 anos atrás. De seguida, apresenta-se uma definição recente do conceito de *TPM*.

“Total Productive Maintenance is a structured equipment-centric continuous improvement process that strives to optimize production effectiveness by identifying and eliminating equipment and production efficiency losses throughout the production system life cycle through active team-based participation of employees across all levels of the operational hierarchy (Pomorski 2004, 15).”

De acordo com Pomorski (2004), cada vez mais, o *TPM* surge como atividade de melhoria contínua integrada com *lean/JIT*, o *TQM* ou o *TEI – Total Employee Involvement*. *Lean* e *TPM* são hoje vistos como duas peças inseparáveis nos processos de melhoria contínua. Como já foi explicado, a filosofia *lean* focaliza-se na eliminação do desperdício (fluxo, tempos, custos, inventários, etc.) estabelecendo uma produção *JIT* e um sistema orientado ao cliente (sistema *pull*). Contudo, para implementar uma filosofia *lean* é necessário que os processos estejam estabilizados e que a variabilidade natural, aleatória, produza os resultados pretendidos no produto ou serviço. O *TPM* contribuirá para assegurar estabilidade prevenindo avarias e microparagens, defeitos de processamento e melhorando a eficiência das atividades de manutenção.

Ainda segundo Pomorski (2004), o *TPM* é também a abordagem que garante a performance dos equipamentos para a implementação do *TQM*.

Segundo a *Society of Manufacturing Engineers* (1995), um programa *TPM* é capaz de aumentar a fiabilidade, operacionalidade e rentabilidade. Contudo, para alcançar estes três objetivos é necessário talento e envolvimento de cada colaborador. Através de atividades de manutenção autónoma que implicam que o operador esteja envolvido em inspeções diárias e limpeza do seu equipamento, as empresas perceberão que a ativo mais importante para alcançar a melhoria contínua são as pessoas. O que justifica a importância de uma integração eficiente entre os programas de *TPM* e *TEI*.

Atualmente, as empresas estão focadas nos seus programas de qualidade total (*TQM*), programas de *JIT* e programas de envolvimento do pessoal (*TEI*). Contudo, a *Society of Manufacturing Engineers* (1995) reitera que é impossível alcançar sucesso sem integrar estes três programas através de um programa de *TPM*.

2.2.2 Os Pilares do *TPM*

As principais atividades do *TPM* são organizadas através de “pilares”. O número e o nome dos pilares não são consensuais. Contudo, o modelo definido por Nakajima, é geralmente o modelo aceite globalmente. Nakajima (1988) defende um modelo constituído por 8 pilares, tal como se apresenta na Figura 3.

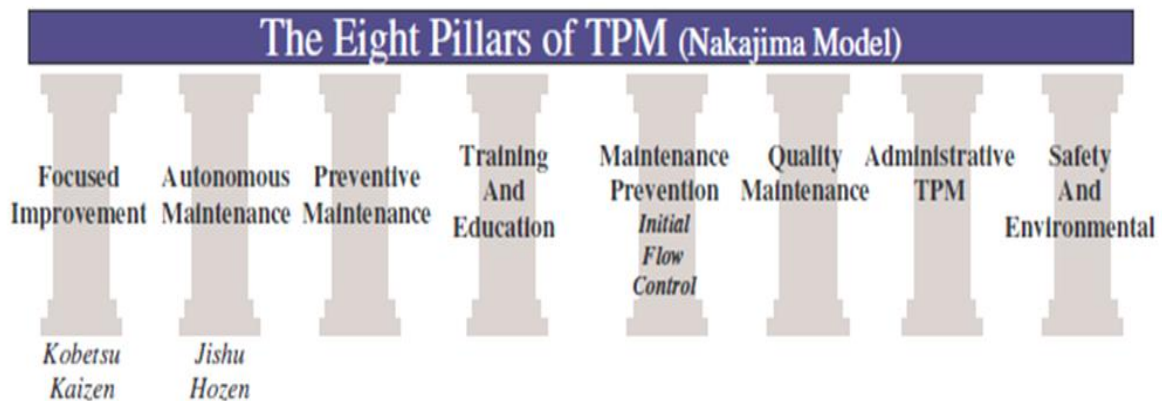


Figura 3 – Os oito pilares do *TPM* (Modelo de Nakajima). Fonte: (Pomorski 2004)

O projeto focar-se-á na aplicação do pilar do *focused improvement*. De seguida, será feita uma apresentação mais aprofundada sobre os fundamentos deste pilar.

2.3 *Focused Improvement*

Em português significa melhoria contínua. Este pilar inclui todas as atividades que maximizam a eficiência global dos equipamentos, processos e fábrica através da eliminação intransigente das perdas e da melhoria da performance (Suzuki 1994).

O conceito principal por detrás deste pilar é o de alcançar zero perdas (*zero losses*). De acordo com Nakajima (1988), considerado o pai do *TPM*, maximizar a eficiência do equipamento requer a eliminação das falhas, defeitos e outros fenómenos negativos, ou seja, todos os desperdícios e perdas que ocorrem durante a operação do equipamento.

O *OEE - Overall Equipment Effectiveness* é o indicador mais importante do *focused improvement*. No próximo capítulo será realizada uma explicação detalhada deste indicador.

2.4 OEE – Overall Equipment Effectiveness

O *OEE* é um indicador usado para medir a eficiência ou produtividade dos equipamentos (Pomorski 2004).

2.4.1 As Seis Grandes Perdas

Nakajima (1988) define as seguintes seis grandes perdas dos equipamentos que contribuem para a redução do *OEE*:

1. As perdas responsáveis por reduzir o índice de disponibilidade:
 - a. As avarias dos equipamentos categorizadas como perdas de tempo quando a produtividade é reduzida e as perdas de quantidade são provocadas pelo aparecimento de produtos defeituosos.
 - b. Os *setups* definidos como perdas de tempo resultantes de paragens e produtos defeituosos que ocorrem quando a produção de um produto acaba e o equipamento é ajustado para produzir um novo produto.
2. As perdas responsáveis por reduzir o índice de performance:
 - a. As microparagens que acontecem quando a produção é interrompida por um mau funcionamento temporário da máquina.
 - b. As perdas de velocidade que se referem às diferenças entre a velocidade teórica do equipamento e a velocidade real de operação.
3. As perdas responsáveis por reduzir o índice de qualidade:
 - a. Os baixos rendimentos que ocorrem durante as fases de arranque de produção (*startup*).
 - b. As perdas relativas aos defeitos de qualidade (sucata) e retrabalho, relativas a problemas de qualidade causados por mau funcionamento do equipamento.

As perdas relativas à primeira categoria são conhecidas como perdas de disponibilidade e constituem *input* para calcular o índice de disponibilidade do equipamento. As perdas relativas à segunda categoria são conhecidas como perdas de performance e constituem *input* para calcular o índice de performance. A terceira categoria são as perdas de qualidade, servindo de *input* para calcular o índice de qualidade.

2.4.2 Fórmula de Cálculo do OEE – Método de Nakajima

Segundo Pomorski (2004), a disponibilidade é definida como a eficiência da operação para tornar o equipamento pronto para executar as atividades de produção. O índice de disponibilidade é determinado da seguinte forma (Nakajima 1988):

$$\text{Índice de disponibilidade} = \frac{\text{tempo de carga} - \text{perdas de disponibilidade}}{\text{tempo de carga}}$$

O tempo de carga pode ser definido como o tempo de trabalho possível menos as paragens planeadas. Tal como referido, as perdas de disponibilidade correspondem às paragens não planeadas, como é o caso das avarias e dos *setups*.

Pomorski (2004) define performance como a eficiência da operação para executar as atividades de produção, durante o período de tempo em que o equipamento está disponível e capaz de executar essas atividades. Segundo Nakajima (1988), o índice de performance é dado pela seguinte expressão:

$$\text{Índice de performance} = \frac{\text{tempo de ciclo teórico} \times \text{quantidade processada}}{\text{tempo operacional}}$$

O tempo operacional corresponde ao tempo de carga, definido anteriormente, menos as perdas de disponibilidade.

Para Pomorski (2004), a qualidade é a eficiência da operação para produzir unidades que vão de encontro às especificações de qualidade, durante o período de tempo em que o equipamento está a executar atividades de produção. O índice de qualidade vem dado por (Nakajima 1988):

$$\text{Índice de qualidade} = \frac{\text{quantidade processada} - \text{quantidade de defeituosos}}{\text{quantidade processada}}$$

Da combinação destas três equações, resulta a expressão do *OEE* (Nakajima 1988):

$$OEE(\%) = \text{índ. de disp.}(\%) \times \text{índ. de perf.}(\%) \times \text{índ. de qual.}(\%)$$

2.5 Programa 5'S

O 5'S é um programa que serve de base para a melhoria contínua, zero defeitos, redução de custos e um ambiente de trabalho saudável. O objetivo do 5'S é criar e manter um ambiente de trabalho organizado, limpo, seguro e de elevado desempenho, permitindo que qualquer pessoa distinga rapidamente entre condições normais e anormais de trabalho. O 5'S é uma forma sistemática de melhorar o ambiente de trabalho, processos e produtos através do envolvimento de todos os colaboradores da linha (George et al. 2005).

Como o próprio nome indica, o método 5'S considera cinco etapas (o nome 5'S resulta da designação em japonês das cinco etapas). O nome e definição de cada etapa são apresentados de seguida (Pomorski 2004):

1. *Seiri* – Em português significa separar. Esta etapa consiste em remover todos os itens do espaço de trabalho que não são necessários para as operações de produção atuais. Os excessos de material no local de trabalho podem provocar erros e defeitos.
2. *Sieton* – Em português significa arrumar. Esta etapa consiste em organizar os itens necessários para que eles sejam mais fáceis de localizar e usar. É fundamental etiquetá-los para que sejam mais fáceis de encontrar e de arrumar.
3. *Seiso* – Em português significa limpar. Esta etapa consiste em limpar os pisos, equipamentos e estações de trabalho. Além do referido, inclui ainda a identificação e prevenção das fontes de contaminação. É integrada com as tarefas de manutenção diária para manter as condições as mais perfeitas possíveis.

4. *Seiketsu* – Em português significa normalizar. Esta etapa consiste em criar métodos e práticas para manter as etapas anteriores num processo de melhoria contínuo e permanente.
5. *Shitsuke* – Em português significa manter. Esta etapa tem como objetivo garantir que o 5'S faça parte integral de um procedimento operacional padrão.

2.6 Métodos do *Focused Improvement*

Tipicamente, as perdas de eficiência e de produtividade são determinadas através da análise dos equipamentos e da análise do histórico da performance da produção. O impacto das perdas de produtividade deverá ser analisado segundo duas perspetivas: a frequência das perdas (o número de ocorrências durante o período de tempo) e o impacto das perdas (o número de horas perdidas, receitas perdidas, custo, etc.). Existem algumas ferramentas usadas, geralmente, para analisar as perdas de produtividade no pilar do *focused improvement* (Pomorski 2004):

- Ciclo *PDCA*;
- Diagrama de Pareto;
- Princípio de Pareto;
- *Brainstorming*;
- Diagrama de *Ishikawa*;
- Análise dos “5 Porquês”.

2.6.1 Ciclo *PDCA*

O ciclo *PDCA* (*Plan-Do-Check-Act*) é um método de gestão iterativo com quatro etapas. Trata-se de um dos métodos mais utilizados na melhoria contínua de produtos e processos. Para além desta designação, o método também é conhecido por *Deming cycle* ou *Shewart cycle* (Rother 2010).

Os passos em cada ciclo *PDCA* são (ISO 2008; Moen e Norman 2006):

1. *Plan* – Em português significa planejar. Esta etapa consiste em estabelecer os objetivos e processos necessários para alcançar resultados de acordo com o *output* esperado.
2. *Do* – Em português significa fazer. Esta etapa consiste em implementar o plano, executar o processo, fazer o produto. Nesta etapa são também recolhidos dados para análise nas duas fases que se seguem.
3. *Check* – Em português significa verificar. Esta é a fase em que se procede ao estudo dos resultados atuais (medidos e recolhidos na etapa anterior) e se comparam com os resultados esperados (definidos na primeira etapa), de modo a verificar se existem diferenças significativas. Deve-se procurar os desvios ocorridos na implementação do plano e também procurar adequar e adaptar o plano de modo a tornar possível a sua execução.
4. *Act* – Em português significa atuar. Nesta etapa, solicitam-se ações corretivas aquando de diferenças significativas entre os resultados atuais e os esperados. Analisam-se as diferenças de modo a determinar as suas causas raiz e determina-se onde aplicar as alterações que incluem a melhoria do processo ou do produto. Quando uma passagem

por estas quatro etapas não resulta numa melhoria, o âmbito do ciclo *PDCA* poderá ser refinado para planear e melhorar com mais detalhe na próxima iteração do ciclo.

2.6.2 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é um tipo de gráfico de barras em que o eixo horizontal representa as categorias. Estas são, geralmente, defeitos, erros ou fontes (causas) de defeitos/erros. A altura das barras pode representar a contagem ou percentagem dos erros/defeitos ou o seu impacto em termos de atrasos, retrabalho, custo, etc. Organizando as barras da maior para a mais pequena, o diagrama de Pareto ajuda a determinar quais as categorias que poderão proporcionar maiores ganhos se forem analisadas e ainda indica quais as categorias que menos contribuem para o problema. O diagrama de Pareto é, portanto, um gráfico de barras especializado que permite isolar as poucas fontes vitais do problema (*“vital few”*) (George et al. 2005).

2.6.3 Princípio de Pareto

O diagrama de Pareto torna-se ainda mais interessante quando combinado com o princípio de Pareto. Este princípio, também conhecido por regra 80-20, defende que para muitos acontecimentos, cerca de 80% dos defeitos provêm de 20% das causas. A Figura 4 pretende representar as potencialidades da combinação dos dois métodos na identificação das causas principais de um determinado problema.

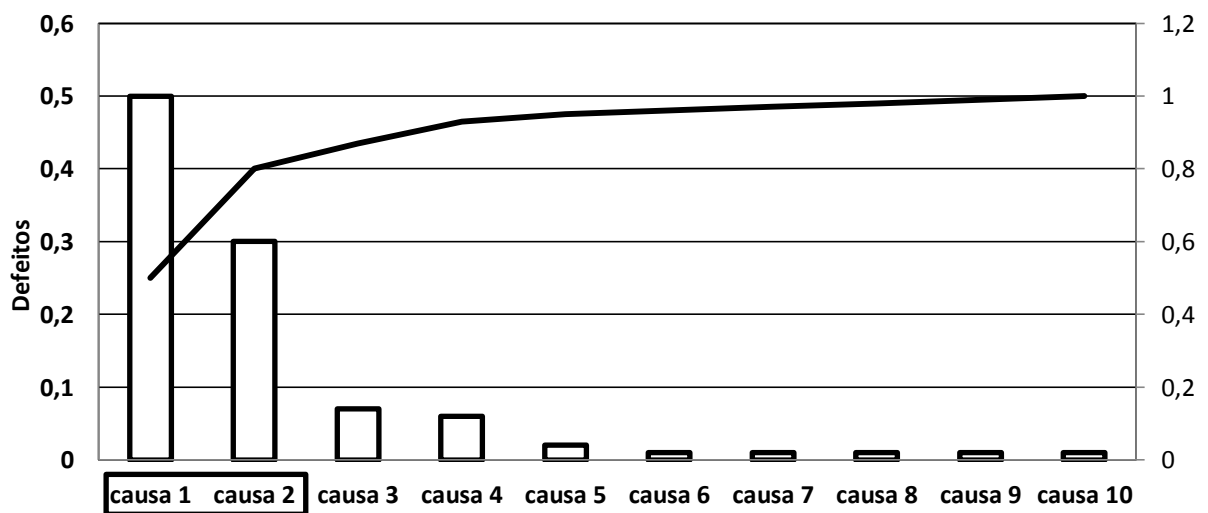


Figura 4 – Diagrama e princípio de Pareto combinados.

2.6.4 Brainstorming

Segundo George et al. (2005), o principal objetivo de um *brainstorming* é reunir um grupo de pessoas com uma larga variedade de ideias sobre um determinado tópico. Este tipo de eventos tem grande potencialidade, pois permite produzir ideias e soluções num curto espaço de tempo, estimula a criatividade do processo de pensamento e ajuda a certificar que todas as ideias dos membros do grupo são consideradas. O *brainstorming* poderá ser utilizado em muitos contextos. Esta ferramenta é muito útil para identificar potenciais causas de problemas e identificar possíveis soluções.

Durante uma sessão procura estimular-se os participantes, para que eles exponham o maior número de ideias possível, independentemente da qualidade das ideias expostas. Procura também dar-se espaço aos participantes para que eles desenvolvam as suas ideias. Contudo, é importante que o organizador tenha alguns cuidados. Entre os cuidados a ter, são de realçar os seguintes (George et al. 2005):

- Não deverá criticar ideias;
- Não deverá fazer julgamentos sobre as ideias que estão a ser propostas;
- Não deverá comentar a ideia de um participante quando ele a descreve;
- Não deverá permitir que ninguém domine a sessão.

2.6.5 Diagrama de *Ishikawa*

O diagrama de *Ishikawa*, também conhecido por diagrama de causa-e-efeito, ajuda a encontrar as potenciais causas raiz dos problemas, reais ou potenciais, fornecendo uma estrutura que facilita a identificação das mesmas. Outro dos objetivos desta ferramenta passa por assegurar que todas as possíveis grandes causas do problema não são ignoradas (George et al. 2005). Contudo, as potencialidades destes diagramas podem ser ainda maiores, quando os mesmos são combinados com a análise dos “5 Porquês”.

2.6.6 Análise dos “5 Porquês”

De acordo com George et al. (2005), a análise dos “5 Porquês” é um método que promove a identificação das causas raiz dos problemas. Além disso, permite prevenir soluções superficiais que não resolverão o problema a longo prazo.

A aplicação do método é muito simples. Depois de seleccionada uma das possíveis grandes causas de um determinado problema (a partir do diagrama de *Ishikawa*, por exemplo), dever-se-á perguntar o porquê da causa e das suas subcausas ocorrerem, até se chegar à causa raiz do problema. O facto do método se chamar de “5 Porquês”, não implica que tenham de ser feitas 5 perguntas para se encontrar a causa raiz, poderão ser mais ou menos dependendo da situação. A Figura 5 pretende representar as potencialidades da combinação do diagrama de *Ishikawa* com a análise dos “5 Porquês”, na identificação das causas raiz de um determinado problema.

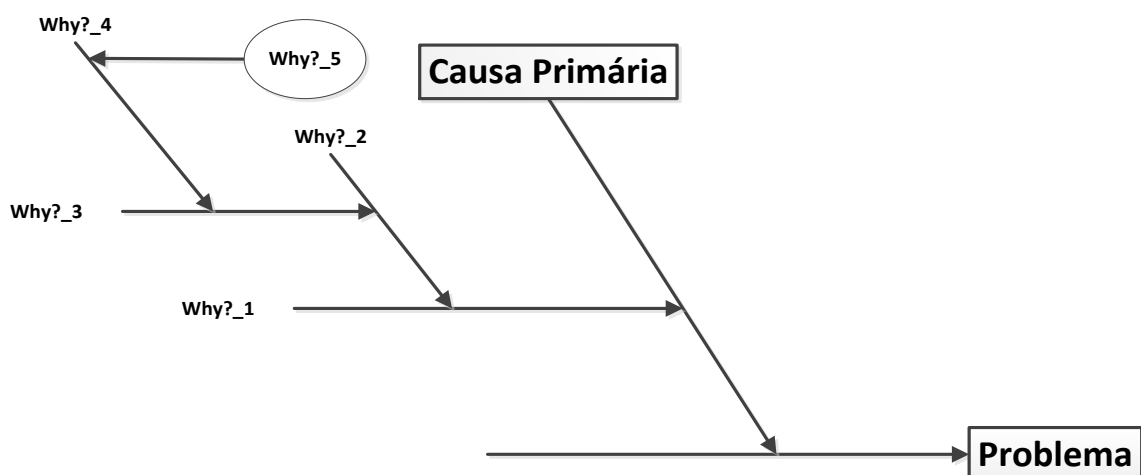


Figura 5 – Diagrama de *Ishikawa* combinado com a análise dos “5 Porquês”.

2.7 SMED – Single Minute Exchange of Dies

Segundo Lopes, Neto, e Pinto (2010), os *setups* consistem na mudança de produtos, ferramentas ou ajustes realizados no decorrer do processo. Correspondem, por isso, a períodos de tempo em que o processo não produz valor. Quanto maior for este período de tempo, maior é o custo do processo. Torna-se fundamental nos dias de hoje reduzir estes tempos para que as organizações possam dar uma resposta mais rápida às pressões do mercado. Reduzir o tempo de *setup* significa reduzir custos e garantir a possibilidade de produzir em menores quantidades. Foi neste sentido que começaram a ser desenvolvidas técnicas para mudança rápida de ferramentas. A mais popular foi desenvolvida por Shigeo Shingo nos anos 1960's e recebeu a designação de *SMED – Single Minute Exchange of Dies*.

O objetivo desta técnica passa por reduzir o tempo de *setup*, ao menor valor possível. Tal como o nome indica, “*Single Minute*”, o objetivo deveria ser reduzir o tempo de *setup*, de modo a que este se apresente com apenas um dígito, ou seja, menor do que 10 minutos (Wilson 2010). A principal motivação da implementação desta técnica passará pelo aumento do número de *setups*, que por sua vez, motivará (Lopes, Neto, e Pinto 2010):

- Redução do tamanho dos lotes;
- Redução de *stocks*;
- Aumento da flexibilidade;
- Redução de tempos;
- Melhoria da qualidade;
- Redução de desperdícios;
- Aumento da produtividade.

O método *SMED* contempla as seguintes três etapas (Wilson 2010):

1. Separar *setup* interno do *externo* – o objetivo passa por listar todas as ações do *setup*, para depois categorizá-las como *setup* interno, quando as atividades são efetuadas com o equipamento parado, ou externo quando efetuado com o equipamento em funcionamento.
2. Converter *setup* interno em *setup* externo – nesta etapa assinalam-se todas as ações que são internas mas que poderão ser convertidas em externas. Faz-se ainda a listagem das condições necessárias para que elas possam ser convertidas.
3. Simplificar todos os aspetos da operação de *setup* – apenas com ações de *setup* interno, esta etapa serve, geralmente, para criar o maior número de caminhos paralelos possíveis de modo a realizar uma determinada ação. A partir deste momento, o objetivo passa por gerar o maior volume de ideias criativas para encurtar o tempo de *setup*, tais como a utilização de batentes ou ajustes automáticos.

Esta técnica será fundamental para analisar os problemas de disponibilidade, nomeadamente, a nível dos *setups*, revelados pelo *OEE*.

3 Estado Inicial da Linha e Análise dos Problemas

Neste terceiro capítulo é apresentada a linha 27 de montagem de aerossóis, identificam-se os principais problemas, selecionam-se os problemas sobre os quais atuar e procuram-se as suas potenciais causas.

Para perceber em que consiste o seu funcionamento, a apresentação da linha 27 inicia-se com uma breve descrição do produto, do processo e do *layout*. Segue-se a explicação dos vários tipos de *setup*. É também descrito o horário e a organização da equipa de trabalho. Por último, faz-se o ponto da situação sobre o estado inicial do projeto *lean* que decorre na linha, onde se apresentam as metodologias já aplicadas, com principal enfoque no *OEE*.

Segue-se a identificação dos problemas da linha, recorrendo à análise do histórico, à recolha de dados no *gemba* e à realização de sessões de *brainstorming*. Uma vez identificados os problemas mais críticos, procede-se a seleção dos problemas sobre os quais se vai atuar.

Este capítulo termina com a identificação das causas potenciais dos problemas selecionados. No caso das avarias e microparagens são apresentados os diagramas de *Ishikawa* desenvolvidos. Relativamente aos *setups*, é realizada a classificação das suas atividades em internas ou externas e calculada a taxa de desperdício.

3.1 O Produto

Antes de tudo, é essencial explicar em que consiste um aerossol.

“Um aerossol consiste na mistura de uma substância líquida com um gás dentro de uma embalagem metálica estanque. Quando o mecanismo de abertura é ativado, o gás impulsiona o líquido para fora da mesma (Wikipédia 2013).”

A linha 27 é responsável pela montagem de embalagens aerossóis do tipo três peças. O enchimento é realizado numa etapa posterior. A embalagem² de um aerossol, conforme produzidos na Colep, é um conjunto estanque constituído pela junção de três partes que se designam por: cúpula (parte superior), o corpo cilíndrico e o fundo (parte inferior). A Figura 6 mostra as várias partes que constituem uma embalagem de um aerossol três peças e como elas se adicionam para dar origem a uma única parte.

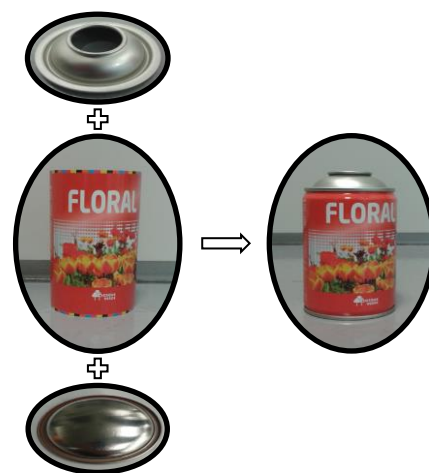


Figura 6 – As várias partes que constituem uma embalagem de aerossol.

² As 3 partes que constituem a embalagem são feitas a partir de folha-de-flandres.

A linha 27 produz embalagens de diâmetros 49 mm e 65 mm. Para cada diâmetro, a linha produz várias alturas.

Os diferentes formatos produzidos na linha 27 são exibidos na Tabela 1.

Tabela 1 – Os formatos produzidos na linha 27 e velocidades teóricas admissíveis.

<i>Diâmetro (mm)</i>	<i>Altura (mm)</i>	<i>Velocidade Teórica (embalagens/min)</i>
65	105	400
	106	400
	107	400
	122	400
	157	330
	181	290
	195	280
	240	230
	300	190
49	119	430
	151	350
	169	320
	185	290
	222	250

Contudo, a embalagem não varia apenas em altura e diâmetro. Existem outras características que podem diferenciar as embalagens. De seguida, apresenta-se a lista das principais características:

- A litografia da folha;
- Tipo de costura de soldadura (larga ou estreita³);
- Envernizamento exterior (preto ou incolor);
- Envernizamento interior (pó ou sem envernizamento);
- Tipo de fundos (material, revestimento, fornecedor);
- Tipo de cúpulas (material, revestimento, fornecedor).

A mudança de uma das características da embalagem implica alterações na linha. Os vários tipos de *setup* serão explicados com mais detalhe na secção 3.4.

³ A utilização de costura estreita iniciou-se em 2013.

3.2 O Processo

A montagem das embalagens dos aerossóis é um processo complexo. Para perceber o processo na sua globalidade definiu-se o fluxograma da Figura 7.

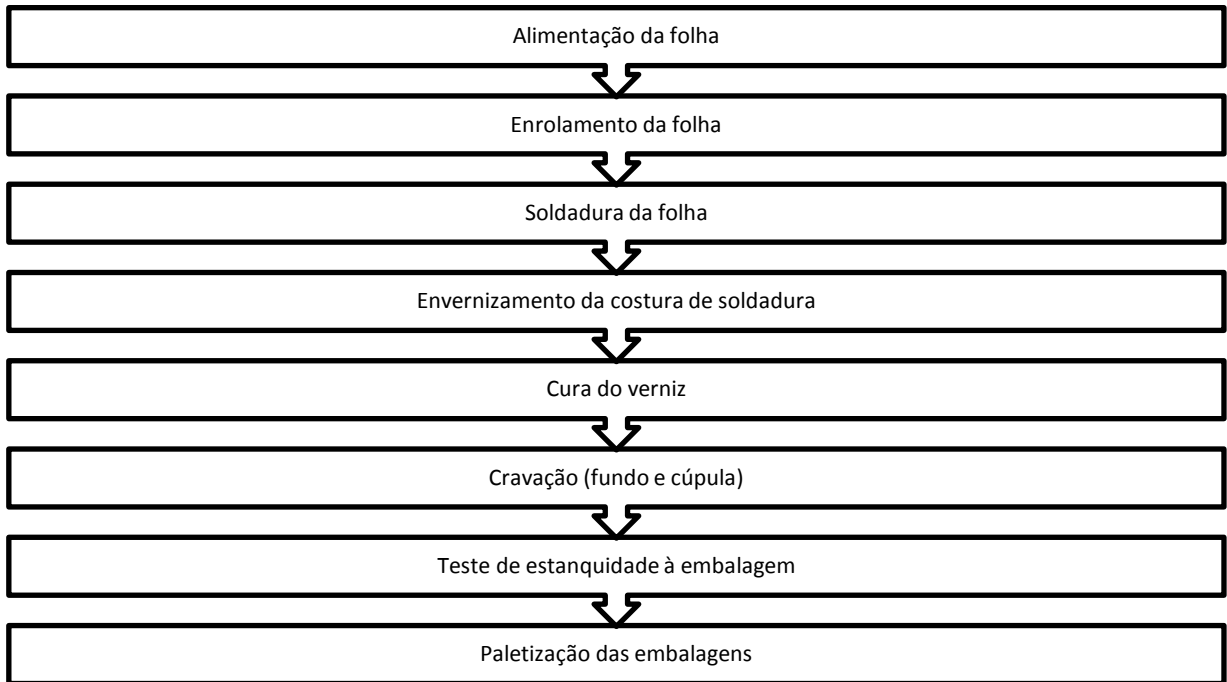


Figura 7- Fluxograma do processo de montagem das embalagens dos aerossóis.

O processo inicia-se com a alimentação da folha pelo operador. Inicialmente, a folha apresenta um formato retangular, de modo a dar origem a um formato cilíndrico ao passar pela enroladeira.

O formato cilíndrico passa pela máquina de soldar originando um corpo cilíndrico consistente.

O passo seguinte é o envernizamento⁴ exterior da costura de soldadura, no qual existem muitas variáveis que podem condicionar o tipo de envernizamento a aplicar. Se a linha estiver a produzir embalagens de diâmetro 65 mm, a costura de soldadura é larga, o envernizamento exterior é sempre incolor e é aplicado por rolo na zona da costura. Se a linha estiver a produzir embalagens de diâmetro 49 mm, a costura de soldadura poderá ser larga ou estreita. Para uma costura de soldadura estreita, o envernizamento exterior é obtido por impressão (*ink-jet*). Este último trata-se de um sistema desenvolvido recentemente, com a particularidade de permitir obter uma costura mais curta e delicada e, por isso, mais apazível à vista do cliente. Poderá ser utilizado para aplicar verniz incolor ou preto.

Relativamente ao envernizamento interior, é importante referir que a sua aplicação depende do tipo de produto, aerossol, que a embalagem irá alojar (ambientador, desodorizante, lubrificante, laca...). Neste caso, o envernizamento interior é feito através da aplicação em pó que adere por eletricidade estática à costura interior da lata.

⁴ O envernizamento é realizado para evitar a oxidação da costura de soldadura

Após o envernizamento, os corpos passam por fornos para realizar a cura do verniz e são depois transportados até à cravadeira onde, um a um, recebem por ligação mecânica um fundo e uma cúpula, processo conhecido como cravação. No final desta fase, a embalagem adquire a forma final e será submetida a um teste de estanquidade. Através de diferenciais de pressão, o verificador de estanquidade verifica eventuais fugas. As embalagens não rejeitadas seguem até ao paletizador que as agrupa em paletes.

3.3 O Layout

Uma vez conhecido o processo na sua globalidade, é importante conhecer como as várias máquinas se organizam e interligam para dar origem a um processo contínuo. O *layout* da linha 27, apresentado na Figura 8, caracteriza-se por ser muito comprido e pouco largo (50m x 8m). Esta característica permite que os operadores trabalhem na proximidade da máquina de soldar, cravadeira e verificador de estanquidade, contudo, dificulta o trabalho dos mesmos quando há encravamentos nas suas extremidades mais distantes da zona normal de operação.

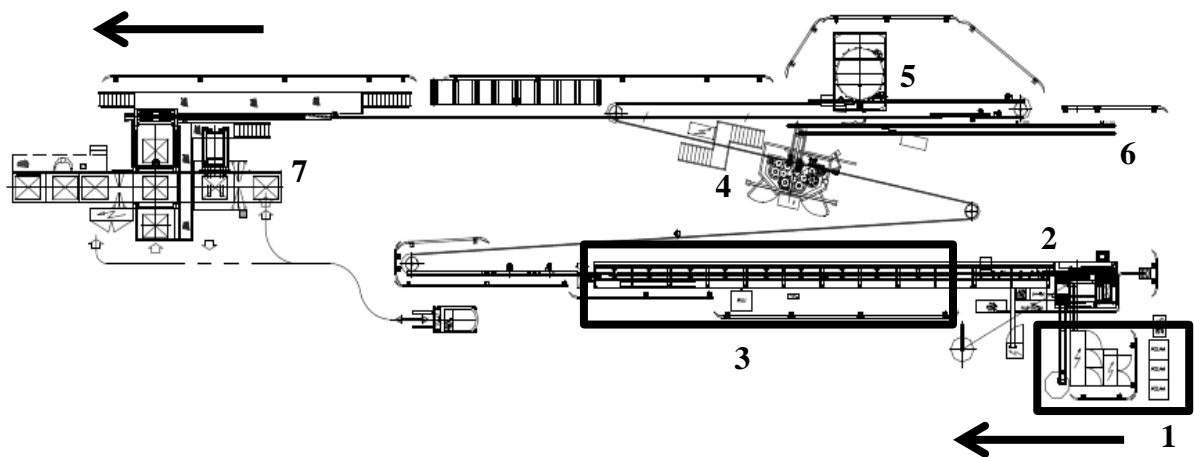


Figura 8 - Layout da linha 27.

Nesta Figura, os números indicam os pontos mais importantes da linha a saber:

1. Alimentador da folha;
2. Enroladeira, máquina de soldar e sistema de envernizamento;
3. Fornos de cura do verniz;
4. Cravadeira de fundo e cúpula;
5. Verificador de estanquidade da embalagem;
6. Alimentador de componentes (fundos e cúpulas);
7. Paletizador.

O transporte dos corpos ou embalagens entre as diferentes zonas, assim como o dos componentes até à cravadeira é assegurado por transportadores automáticos.

Após o verificador de estanquidade (5), existe um elevador vertical (ver Figura 9) que coloca as embalagens num nível superior, transferindo-as para um transportador que as conduz ao paletizador e contornando, deste modo, o transportador inferior. O transporte dos componentes até à cravadeira é também realizado a uma altura superior.

Por fim, destaca-se a função das rosetas no transporte, as quais são magnetizadas para suavizar a passagem das embalagens entre dois módulos de transportador, evitando a queda das mesmas durante a transição e paragens de linha.



Figura 9 – Fotografia e esquema explicativo do mecanismo inversor.

3.4 Os Setups

Depois de descrito o processo e explicado o *layout*, abordar-se-ão os vários tipos de *setup* que ocorrem na linha. Os *setups* de diâmetro e de altura são os mais complexos e demorados, por se realizarem com muitas tarefas. Depois, existem *setups* menos complexos e que são realizados quase diariamente. Neste grupo incluem-se as mudanças de folha, cor do verniz, fundos e cúpulas.

De todos os *setups*, o do diâmetro é o mais complexo e demorado, envolvendo a mudança completa de toda a linha e tendo vindo a ser realizado, desde o início deste ano, com uma periodicidade quinzenal. As mudanças também dependem da dimensão de diâmetro para o qual se pretende mudar, sendo diferentes quanto se reduz ou incrementa de 65mm para 49mm ou de 49mm para 65mm, respetivamente.

Na redução de diâmetro identificam-se as seguintes grandes alterações à linha:

- Máquina de soldar – mudança completa da ferramenta de soldadura;
- Sistema de envernizamento – instalação do sistema de envernizamento exterior (sistema *ink-jet*) e do sistema de envernizamento interior (verniz em pó);
- Transportadores – mudança completa de todos os transportadores da linha (para embalagens e componentes);
- Cravadeira – mudança completa das ferramentas da máquina e alimentação dos novos componentes;
- Verificador de estanquidade – montagem dos *pockets*⁵ relativos às 48 cabeças;
- Paletizador – ajuste das dimensões do divisor e do separador;
- Mudança de programas, afinações e ajustes finais.

Quando se incrementa o diâmetro de 49mm para 65mm, as alterações à linha são praticamente as mesmas, contudo, o sistema de envernizamento exterior não é o sistema *ink-jet*. No diâmetro 65mm, o envernizamento exterior é aplicado por rolo. A segunda diferença é relativa

⁵ Os *pockets* são guias metálicas que encaixam nas cabeças da máquina de testes, evitando assim a mudança das cabeças em cada *setup* de diâmetro. Operação que era bastante demorada e custosa.

ao verificador de estanquidade. Para a dimensão 65mm, não é necessária a utilização de *pockets*, o que implica a desmontagem dos instalados no equipamento.

O *setup* de altura é menos exigente que o *setup* de diâmetro. Em média são realizadas duas mudanças de altura por semana. As tarefas realizadas durante o *setup* são condicionadas pela dimensão do diâmetro.

No diâmetro 49mm, um *setup* de altura envolve as seguintes alterações à linha:

- Máquina de soldar – mudança das dimensões do alimentador;
- Verificador de estanquidade – desmontagem dos *pockets* instalados, alteração do programa e montagem dos *pockets* relativos à nova altura;
- Mudança de programas, afinações e ajustes finais.

No diâmetro 65 mm, o *setup* de altura não é tão complexo. Neste caso, não existe a necessidade de utilização de *pockets* no verificador de estanquidade, o que implica menos uma mudança.

Os *setups* de folha, cor do verniz, fundos e cúpulas não implicam mudanças tão demoradas como as anteriores. Contudo, são realizadas diariamente. Sempre que uma nova ordem de produção dá entrada, é muito frequente mudar pelo menos um desses 4 componentes. O *setup* de cor do verniz apenas acontece para o diâmetro 49mm. Neste caso, o verniz exterior poderá ser incolor ou preto. No diâmetro 65mm, o verniz exterior é sempre incolor. Relativamente aos fundos, às cúpulas e à folha, o *setup* é quase inexistente. A alimentação dos novos componentes é realizada continuamente, não existindo nenhuma pausa entre a alimentação do componente anterior e do novo componente, exceto para os casos em que surgem problemas na programação da produção.

3.5 Equipa e Horário de Trabalho

A linha 27 trabalha de segunda a sexta-feira, a três turnos (Manhã – 6h às 14h; Tarde – 14h às 22h; Noite – 22h às 6h). Em cada turno, a equipa de trabalho é constituída por um operador especializado e um operador não-especializado, que normalmente realiza operações de alimentação de componentes. No apoio à linha de produção existe um operador de fim de linha que é responsável pelo embalamento das paletes. Este tem a seu cargo, em média, duas linhas de produção. Para além dos operadores existe também um supervisor que dá suporte técnico às mesmas. A área de montagem de aerossóis, tal como outras áreas da produção de embalagens, está dividida em células de produção que são da responsabilidade do *cell leader*. Este, ao contrário dos outros elementos, trabalha num horário normal de trabalho, das 8h30 às 17h30.

O *cell leader* realiza um trabalho mais administrativo e de gestão. O supervisor controla, presta apoio técnico aos operadores e reporta os principais problemas ao *cell leader*. Pode ser considerado um mecânico com funções de supervisão do funcionamento da linha. O operador especializado coordena os outros operadores, alimenta a folha, faz os registos da qualidade e da produção, resolve problemas menores e reporta os principais problemas ao supervisor.

Semanalmente, as equipas mudam de turno de trabalho no sentido anti-horário. Por exemplo, se a equipa 1, na primeira semana trabalhou no turno da manhã, trabalhará no turno da noite na segunda semana e no turno da tarde na terceira semana.

3.6 O Projeto *Lean*

No início deste projeto, a linha 27 apresentava já algumas ferramentas *lean* implementadas, nomeadamente, a nível de *standard work*, manutenção autónoma, gestão visual, *kanban*, 5'S e *OEE*. O departamento de melhoria contínua era o principal dinamizador da abordagem *lean* no *gemba*.

Contudo, os baixos níveis de eficiência, indicados pelo *OEE*, levaram a Empresa a definir um plano de intervenção para a linha. Este plano visava, principalmente, construir uma base sólida e consistente para criar condições que permitissem a implementação de novas ferramentas *lean*, mas também, criar condições para que as utilizadas pudessem ter outro impacto na eficiência da linha. Neste sentido, definiu-se um plano *TPM* focalizado inicialmente, no pilar da melhoria contínua.

A análise do *OEE* foi o ponto de partida do projeto. O método teórico de cálculo do *OEE* já foi explicado anteriormente. Contudo, no meio industrial nem sempre é possível seguir a formulação teórica. No ponto seguinte, explicar-se-á como a Colep definiu o cálculo do *OEE*. Esta explicação é relevante para posteriormente assegurar a comparação dos níveis de *OEE* numa mesma base e aplicando os mesmos critérios.

3.7 Cálculo do *OEE* – Método da Colep

Antes de introduzir a fórmula de cálculo do *OEE* implementada na Colep, explicar-se-á muito sucintamente o processo de recolha dos valores a usar no seu cálculo. Em cada turno existe um mapa de registo e controlo de produção onde o operador especializado regista, para cada ordem de produção, entre outras informações: o formato do aerossol; a hora de início e de fim; a produção acabada; as paragens e o tempo despendido com cada uma destas e; eventuais observações relevantes. No Anexo A é apresentado como exemplo um mapa de registo e controlo de produção.

As paragens são registadas através de códigos. Existem oito grandes grupos de códigos a saber:

1. (M01) corresponde às paragens da máquina de soldar/sistema de envernizamento/fornos;
2. (M05) identifica as paragens da cravadeira;
3. (M13) é relativo às paragens do paletizador;
4. (M06) é utilizado para identificar as paragens que ocorrem no verificador de estanquidade;
5. (M14) está associado às paragens dos transportadores;
6. (L) identifica as paragens de linha;
7. (C30) identifica as causas externas;
8. (P) identifica as causas previstas.

Dentro de cada grupo, existem vários tipos de paragem. Os dois últimos dígitos de cada código identificam o tipo de paragem. Como exemplo, explica-se o código M0532. Este identifica uma paragem que foi causada por um encravamento à saída da cravadeira. Para conhecer toda a codificação existente para as paragens, consultar o Anexo B.

A produção acabada corresponde à produção final não defeituosa.

Diariamente, os mapas de produção são introduzidos no sistema informático da Empresa para que no dia seguinte, os valores do *OEE* do dia anterior possam estar disponíveis na rede.

Antes de se proceder à explicação detalhada do método de cálculo do *OEE* utilizado pela Colep, volta-se a apresentar a fórmula geral de cálculo do indicador.

$$OEE(\%) = \text{índ. de disp.}(\%) \times \text{índ. de perf.}(\%) \times \text{índ. de qual.}(\%)$$

O índice de disponibilidade é calculado pela Colep, utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Índice de disponibilidade} = \frac{\text{tempo planeado} - \text{paragens}}{\text{tempo planeado} - \text{paragens (P100; P600; P601)}}$$

Nesta expressão, o tempo planeado designa o tempo total de trabalho (neste caso as 8 horas de cada turno) subtraído do tempo em que a produção não foi planeada, como é caso dos fins de semana ou da falta de encomendas. O seu valor é obtido somando os tempos das várias ordens de produção.

A variável paragens corresponde ao somatório de todas as paragens apontadas pelo operador no mapa de produção. Nestas paragens estão incluídas avarias, microparagens, *setups*, paragens planeadas (manutenção preventiva, ensaios e testes de laboratório) e todas as outras paragens não planeadas. Tal como foi referido, as paragens são apontadas pelo operador com os erros que isso acarreta, pois não se trata de um registo ao minuto. As microparagens apenas são registadas se ocorrerem muitas vezes ao longo do turno, consistindo num valor estimado pelo operador. Por esta razão, o tempo total das microparagens poderá ser por excesso ou por defeito, podendo prejudicar ou favorecer o valor do *OEE*, respetivamente.

As paragens (P100; P600; P601) correspondem, apenas, ao somatório das paragens planeadas (manutenção preventiva, ensaios e testes de laboratório) apontadas no mapa de produção.

A fórmula aplicada pela Colep para calcular o índice de disponibilidade é idêntica à fórmula teórica definida na secção 2.4.2. Neste caso, a Colep obtém o tempo de carga subtraindo ao tempo planeado as paragens planeadas apontadas pelo operador. O tempo operacional é obtido, subtraindo todas as paragens, planeadas e não planeadas, ao tempo planeado. Contudo, existe uma alteração à definição, pois segundo o procedimento da Colep, parte das microparagens estão incluídas nas perdas de disponibilidade. Esta irregularidade altera o valor dos índices de disponibilidade e de performance.

O índice de performance é calculado pela Colep, recorrendo à seguinte fórmula:

$$\text{Índice de performance} = \frac{\text{tempo de ciclo teórico} \times \text{produção acabada}}{\text{tempo operacional}}$$

Nesta expressão, o tempo de ciclo teórico é definido pela Colep em função do formato do aerossol a produzir. A tabela 1 (secção 3.1) apresenta a lista das velocidades teóricas admissíveis para cada formato. A variável produção acabada foi definida anteriormente. Na

definição teórica, apresentada na secção 2.4.2, esta variável aparece sob a designação de quantidade processada, contudo, a definição diz que esta variável inclui a quantidade total produzida, independentemente de ser ou não defeituosa. Deste modo, a variável definida pela Colep ao assumir apenas a quantidade não defeituosa, constitui o segundo desvio à definição. O tempo operacional (tempo planeado - paragens) corresponde ao numerador do índice de disponibilidade. Teoricamente, o tempo operacional inclui o tempo das microparagens. Na prática, a Colep, como explicado anteriormente, subtrai parte deste tempo ao tempo planeado, sendo este o terceiro desvio à definição. Neste caso, as perdas de performance incluem as perdas de velocidade e apenas parte das perdas relativas às microparagens.

Relativamente ao índice de qualidade, o facto de não se contabilizar o número de embalagens defeituosas produzidas, faz com que as perdas de qualidade assumam o valor zero e, consequentemente, o índice de qualidade seja de 100%. Este é o terceiro desvio à definição que não altera o valor do *OEE*, porque as perdas de qualidade estão “escondidas” nas perdas de performance. Contudo, não permite isolar o impacto da qualidade na eficiência da linha. O valor das perdas de qualidade poderá ser ainda maior uma vez que muitos dos defeitos são encontrados apenas no cliente. No entanto, como o cálculo do *OEE* é diário, estas acabam por não ser contabilizadas.

3.8 Evento 5'S

A Colep tem programas de 5'S desenvolvidos para todas as linhas de produção. Neste sentido, existem práticas e métodos devidamente normalizados.

Uma vez que os próximos capítulos consistem na identificação dos problemas e suas causas, o objetivo deste evento de 5'S passava por recuperar as condições básicas da linha e, assim, garantir a identificação imediata de condições anormais de trabalho. Este evento foi realizado durante um turno e contou com o envolvimento de toda a equipa de trabalho da linha 27. A Figura 10 apresenta algumas imagens do antes e do depois da realização do evento.



Figura 10 – Em cima: imagens da linha antes do evento 5'S. Em baixo: imagens da linha após a realização do evento.

3.9 Identificação de Problemas

Neste capítulo são identificados os problemas da linha, recorrendo à análise do histórico, à recolha de dados no *gemba* e à realização de sessões de *brainstorming*.

3.9.1 Análise do Histórico

O primeiro passo da identificação de problemas consistiu na análise do histórico da linha, recorrendo aos dados armazenados no sistema informático da Empresa. A Figura 11 apresenta dois gráficos. O primeiro relativo à evolução do *OEE* e dos indicadores de performance e disponibilidade, desde janeiro de 2013 a fevereiro de 2014. O segundo apresenta o valor do *OEE* e a percentagem das perdas operacionais, no final do mesmo período.

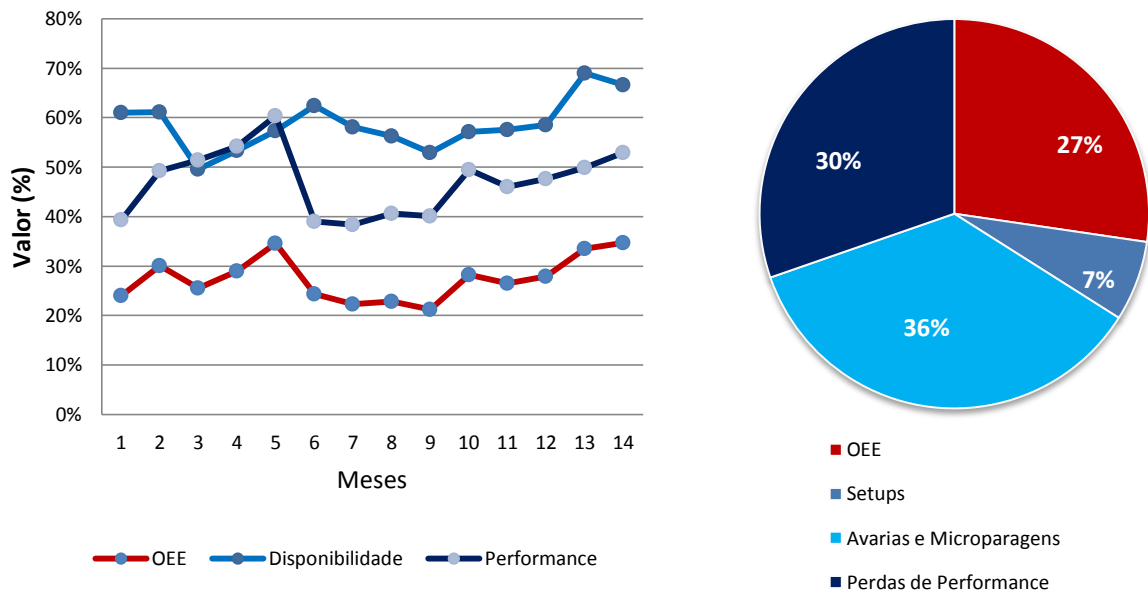


Figura 11 – À esquerda: gráfico que mostra a evolução do *OEE* e dos indicadores de performance e disponibilidade. À direita: gráfico que mostra o valor do *OEE* e a percentagem das perdas operacionais no final do período.

Desta análise conclui-se que, tal como esperado, os valores de eficiência da linha eram muito baixos. No final do período, o valor médio era de 27%, quando os valores de referência para linhas de montagem de aerossóis rondam os 60%.

Constatou-se também que as perdas de eficiência causadas por avarias e microparagens, com maior impacto, representavam cerca de 36% do tempo possível de trabalho e que as perdas de performance eram uma parcela significativa, cerca de 30%. Contudo, estas incluem perdas de velocidade, perdas de qualidade e parte das microparagens.

As perdas de *setup* representavam apenas 7% desse tempo. Este baixo valor está associado ao facto de ao longo do ano de 2013 terem sido realizados poucos *setups* de diâmetro. Contudo, desde o início do ano 2014, têm vindo a ser realizados quinzenalmente. As previsões da produção também apontam para a continuidade desta prática. Esta tendência aumentará o tempo perdido em mudanças de linha e, por isso, optou-se por fazer uma análise mais

aprofundada das paragens causadas por *setups* e reavaliar as que têm origem em avarias e microparagens.

Constatou-se também que outras paragens não planeadas como as provocadas por causas externas não representavam um impacto significativo no *OEE* e, por isso, foram desprezadas nesta análise.

O próximo passo consistiu numa análise mais aprofundada e focalizada, no sentido de recolher dados mais concretos e detalhados sobre *setups*, avarias e microparagens. Neste caso, a análise do histórico não se revelou confiável pela forma pouco rigorosa como são registadas as paragens pelos operadores. Para obter dados mais fiáveis, procedeu-se a uma recolha de dados no *gemba* e a sessões de *brainstorming*.

3.9.2 Recolha de Dados no *Gemba*

Relativamente às paragens causadas por avarias e microparagens, foram desenvolvidas fichas com a lista das paragens mais frequentes, para facilitar o registo imediato da ocorrência de cada paragem, através de um simples traço num campo pré-definido (*checklist*). As fichas foram afixadas em cada equipamento da linha e o registo das ocorrências pelos operadores, aconteceu durante uma semana com a linha a produzir embalagens de diâmetro 65mm. No Anexo C, apresentam-se as fichas de registo realizadas para cada equipamento.

O passo seguinte consistiu na análise dos dados recolhidos, através do desenvolvimento de diagramas de Pareto para cada equipamento, tratando as paragens mais críticas. No Anexo D são apresentados os diagramas obtidos. A Tabela 2 apresenta as paragens mais críticas identificadas para cada equipamento.

Tabela 2 – Paragens mais críticas identificadas para cada equipamento.

<i>Equipamento</i>	<i>Paragens Críticas</i>
Transportadores	Encravamento na saída dos fornos Encravamento no inversor da entrada da cravadeira
Máquina de Soldar	Encravamento no alimentador da folha Encravamento na ferramenta de soldadura
Verificador de Estanquidade	Encravamento na roseta de entrada Aparecimento de fundos “opados”
Paletizador	Encravamento à entrada do divisor Encravamento na cabeça pequena Encravamento de uma paleta
Cravadeira	Problemas no arranque de linha Encravamento no alimentador dos fundos Encravamento no flutuador dos fundos

Relativamente aos *setups*, numa fase inicial, observaram-se os tempos e a alocação de operadores para cada tarefa. Com esta análise, procurou também compreender-se quais os problemas mais críticos de cada *setup*.

O *setup* de diâmetro envolve o supervisor, o operador especializado e um operador não-especializado, três pessoas com tarefas diferenciadas a saber:

- O supervisor dedica-se à mudança da cravadeira e da máquina de soldar;
- O operador especializado é responsável por mudar os transportadores, o paletizador e o sistema de envernizamento;
- O operador não-especializado apenas tem formação para mudar o verificador de estanquidade e auxiliar nas tarefas de mudança de componentes.

Os operadores não têm formação para mudar a cravadeira nem a máquina de soldar. Quando acabam as suas tarefas, fazem a limpeza da linha ou são alocados para outras linhas.

A Tabela 3 apresenta os tempos médios de intervenção no *setup* do supervisor e operadores.

Tabela 3 – Tempos médios de intervenção no *setup* de diâmetro.

<i>Função</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Tempo (horas)</i>
Supervisor	Máquina de Soldar	6
	Cravadeira	8
Operador Especializado	Transportadores	2.5
	Paletizador	0.5
	Sistema de Envernizamento	0.5
Operador Não-Especializado	Verificador de Estanquidade	0.5

Como é possível verificar, o tempo total de *setup* corresponde ao tempo que o supervisor demora para completar as suas funções, ou seja, 14 horas. Contudo, as afinações e ajustes finais, a nível do processo de soldadura e de cravação, poderão aumentar, significativamente, este tempo.

O *setup* de altura envolve três pessoas tal como o de diâmetro. Neste caso a distribuição das tarefas é a seguinte:

- O supervisor fica responsável por mudar o alimentador de folha da máquina de soldar;
- Os operadores, especializado e não-especializado, mudam o verificador de estanquidade se o diâmetro da embalagem for 49mm. A altura da cravadeira e do paletizador são feitas automaticamente com a mudança do programa.

A Tabela 4 apresenta os tempos médios de intervenção no *setup* do supervisor e operadores. Como é possível verificar, o tempo total de *setup* corresponde a uma hora para o diâmetro 49 mm e meia hora para o diâmetro 65 mm. Tal como no *setup* de diâmetro, as afinações e ajustes finais, principalmente a nível do processo de soldadura, poderão aumentar significativamente este tempo.

Tabela 4 – Tempos médios de intervenção no *setup* de altura.

<i>Função</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Tempo (horas)</i>
Supervisor	Máquina de Soldar	0.5
Operadores	Verificador de Estanquidade	1

No diâmetro 49 mm considera-se também o *setup* de cor do verniz. Este poderá ser preto ou incolor. A mudança é efetuada pelo operador especializado, demorando em média, trinta minutos.

Como atrás referido, o tempo de *setup* de folha, de fundos e de cúpulas é praticamente inexistente. Contudo, quando ocorrem problemas na programação da produção, é necessário retirar da linha os componentes que ficaram por produzir. No caso dos componentes, em determinadas situações, o tempo de *setup* poderá ultrapassar os trinta minutos.

Alguns dos problemas identificados são comuns aos vários tipos de *setup*, nomeadamente, na complexidade das operações de *setup*, na organização da equipa de trabalho, na insuficiência de competência e formação dos operadores alocados aos *setups* e na falta de normalização das tarefas.

A complexidade das operações de *setup* dos equipamentos de soldar, de cravar, do teste de estanquidade, dos transportadores e do sistema de envernizamento poderá ser reduzida significativamente. Contudo, tendo em atenção as limitações temporais e financeiras do projeto, nem todos os *setups* existentes poderão ser analisados.

3.9.3 *Brainstorming*

Além da recolha de dados no *gemba*, organizaram-se sessões de *brainstorming* com operadores dos vários turnos, para ouvir e perceber as dificuldades que enfrentavam diariamente, nas avarias e microparagens. Procurou também identificar-se os principais problemas que ocorriam a nível do *setup* e do *pós-setup*, uma vez que se trata, geralmente, de um período crítico. É ainda importante referir que estes problemas foram agrupados por tipo de equipamento. Os participantes foram incentivados a explorar todos os problemas e no final de cada sessão, após registo dos problemas em três categorias, foi-lhes pedido que ordenassem, por grau de criticidade, três problemas dentro de cada uma delas. Nestas sessões foi possível analisar com mais detalhe os problemas diários mais frequentes relativos à produção de embalagens de diâmetro 49mm.

**Figura 12 – Imagens da sessão de *brainstorming* realizada.**

Relativamente aos problemas mais críticos de *setup*, os participantes selecionaram os seguintes:

- O tempo elevado do *setup* dos transportadores no *setup* de diâmetro;
- A falta de controlo e de acompanhamento da operação dos equipamentos, no arranque de linha, nomeadamente, após a realização de um *setup*;
- O tempo elevado do *setup* de cor do verniz, quando a linha produz embalagens de diâmetro 49 mm.

Como problemas críticos do *pós-setup*, os participantes dos dois turnos elegeram os seguintes:

- Os encravamentos nos alimentadores dos fundos e das cúpulas;
- A queda de corpos ao longo dos transportadores, principalmente, à entrada da cravadeira, originando o seu encravamento;
- O entupimento do sistema de envernizamento interior (verniz em pó);
- O aparecimento de pontas desajustadas nos corpos das embalagens;
- Os encravamentos nos flutuadores dos fundos e das cúpulas;
- O encravamento da cravadeira provocado pela queda de fundos no seu interior.

Como problemas diários mais críticos, os participantes identificaram os seguintes:

- O aparecimento de fundos “opados” nas embalagens, aquando do teste de estanquidade;
- O aparecimento de corpos riscados no processo de soldadura, após passagem pela cabeça do azoto;
- A necessidade de purgar, constantemente, o sistema de envernizamento exterior (*ink-jet*) quando a linha se encontra a produzir embalagens de diâmetro 49 mm;
- As avarias frequentes nas cabeças do verificador de estanquidade;
- O encravamento no inversor da saída dos fornos;
- A falta de manutenção, nomeadamente, na limpeza e substituição dos filtros do sistema de envernizamento interior.

3.10 Seleção dos Problemas

Neste capítulo selecionam-se os problemas sobre os quais se definirão ações adequadas, a implementar ou a propor em trabalhos futuros. A seleção dos problemas foi realizada segundo uma análise esforço *versus* benefício de modo a estabelecer prioridades de implementação.

É importante referir que todos os problemas de avarias e microparagens, apontados no capítulo anterior, correspondem aos problemas mais críticos identificados. Neste sentido, todos eles têm um impacto significativo na eficiência da linha. O critério de seleção dos problemas consistiu na identificação daqueles cujo esforço de realização da solução era compatível com as limitações temporais do projeto e ao mesmo tempo, a sua resolução não exigisse um esforço financeiro muito elevado. Seguindo este critério, selecionaram-se os seguintes problemas:

- O aparecimento de fundos “opados” nas embalagens, aquando da realização do teste de estanquidade;

- O encravamento da cravadeira originado pela entrada de um corpo caído no seu interior;
- O encravamento da cravadeira provocado pela queda de fundos no seu interior.

Relativamente aos *setups*, a complexidade de funcionamento do equipamento de soldar, da cravadeira, do verificador de estanquidade e do paletizador exige um esforço maior de compreensão, que poderá não ser compatível com as limitações temporais e financeiras do projeto. Por outro lado, os *setups* dos transportadores e de cor do verniz não são tão complexos e apresentam inúmeras oportunidades de melhorias. O esforço financeiro também não será elevado. Além disso, a redução temporal destes tempos poderá ter um impacto significativo e imediato no tempo total do *setup*. Neste sentido, a lista final dos problemas a analisar fica completa com os dois seguintes problemas:

- Tempo de realização do *setup* dos transportadores;
- Tempo de realização do *setup* de cor do verniz.

3.11 Avarias e Microparagens – Identificação das Causas Raiz

Neste capítulo procuram identificar-se as potenciais causas raiz dos problemas originados por avarias e microparagens. A identificação das causas foi realizada em conjunto com operadores e supervisores, recorrendo ao uso de metodologias como o diagrama de *Ishikawa* e a análise dos “5 Porquês”.

3.11.1 Problema Nº 1

Este problema é referente ao aparecimento de fundos “opados” nas embalagens, aquando da realização do teste de estanquidade, problema que origina a paragem do equipamento. Os encravamentos na roseta de saída, com potencial dessincronização da máquina, ou o disparo do alarme por falta de rejeição, são efeitos associados ao problema identificado como crítico. Por outro lado, existe o problema de produção de latas defeituosas que aumentam a quantidade de produtos não conformes.

Um fundo “opado” pode ser definido como um fundo deformado. Na origem do seu aparecimento está a cravação de um fundo amassado no corpo da embalagem. Aquando do teste de estanquidade, a pressão de ar exercida sobre um fundo amassado (ver Figura 13), origina um fundo com um aspeto característico, designado pelos operadores de fundo “opado”. As embalagens com fundos “opados” apresentam grande instabilidade. A Figura 13 também mostra as diferenças visuais entre um fundo normal e um fundo “opado”.



Figura 13 – À esquerda: fundo amassado. À direita: diferenças visuais entre um fundo normal (à esquerda) e um fundo “opado” (à direita).

O teste de estanquidade é realizado na cabeça de teste do verificador de estanquidade. A passagem da embalagem do transportador para a cabeça de teste é feita através de um mecanismo designado por prato de teste. Este é responsável por fazer subir e descer a embalagem do transportador para a cabeça de teste. A Figura 14 apresenta um esquema ilustrativo do funcionamento do sistema. Quando o fundo está muito deformado, a embalagem acaba por cair no interior da máquina e como consequência, esta para por falta de rejeição. O alarme dispara porque a embalagem defeituosa caída no interior da máquina, deveria passar pela zona de rejeição. Por vezes, o fundo encontra-se apenas ligeiramente deformado, não sendo suficiente para provocar a queda da embalagem. Contudo, a sua instabilidade acaba por provocar o encravamento da roseta de saída e consequentemente, a possível dessincronização da máquina que poderá implicar a paragem da linha durante um longo período de tempo.

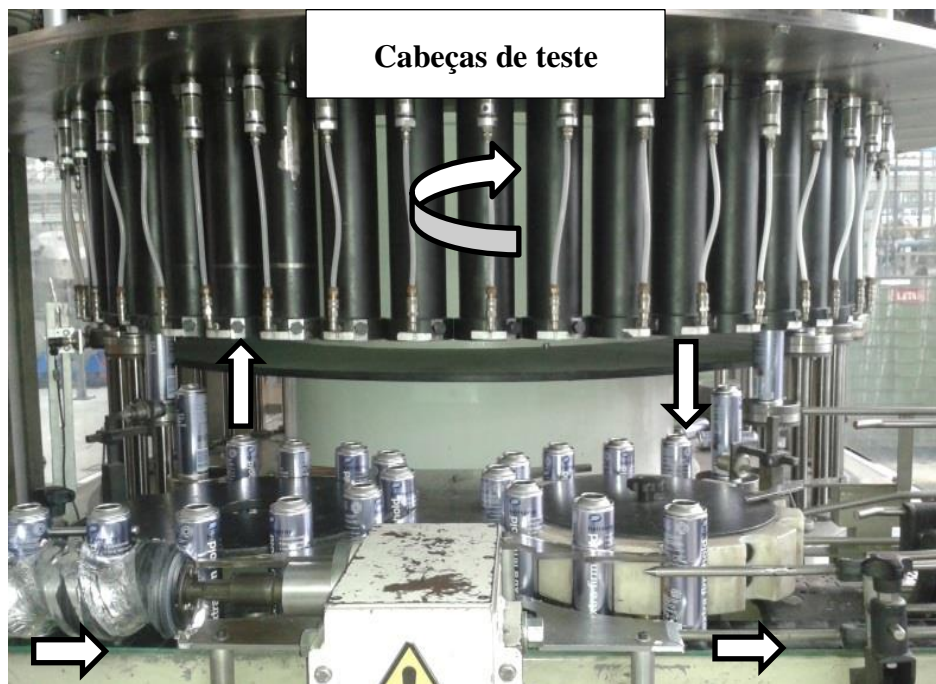


Figura 14 – Esquema ilustrativo do funcionamento do verificador de estanquidade.

A Figura 15 apresenta o diagrama de *Ishikawa* desenvolvido para este problema. O processo de conformação dos fundos é, efetivamente, um processo crítico no aparecimento de fundos “opados”. Contudo, as subcausas são inúmeras e complexas. A deteção das causas raiz exigiria um estudo mais dedicado e aprofundado ao processo de conformação dos fundos. A falta de formação e in experiência dos operadores é outro ponto a ter em consideração no aparecimento de fundos amassados.

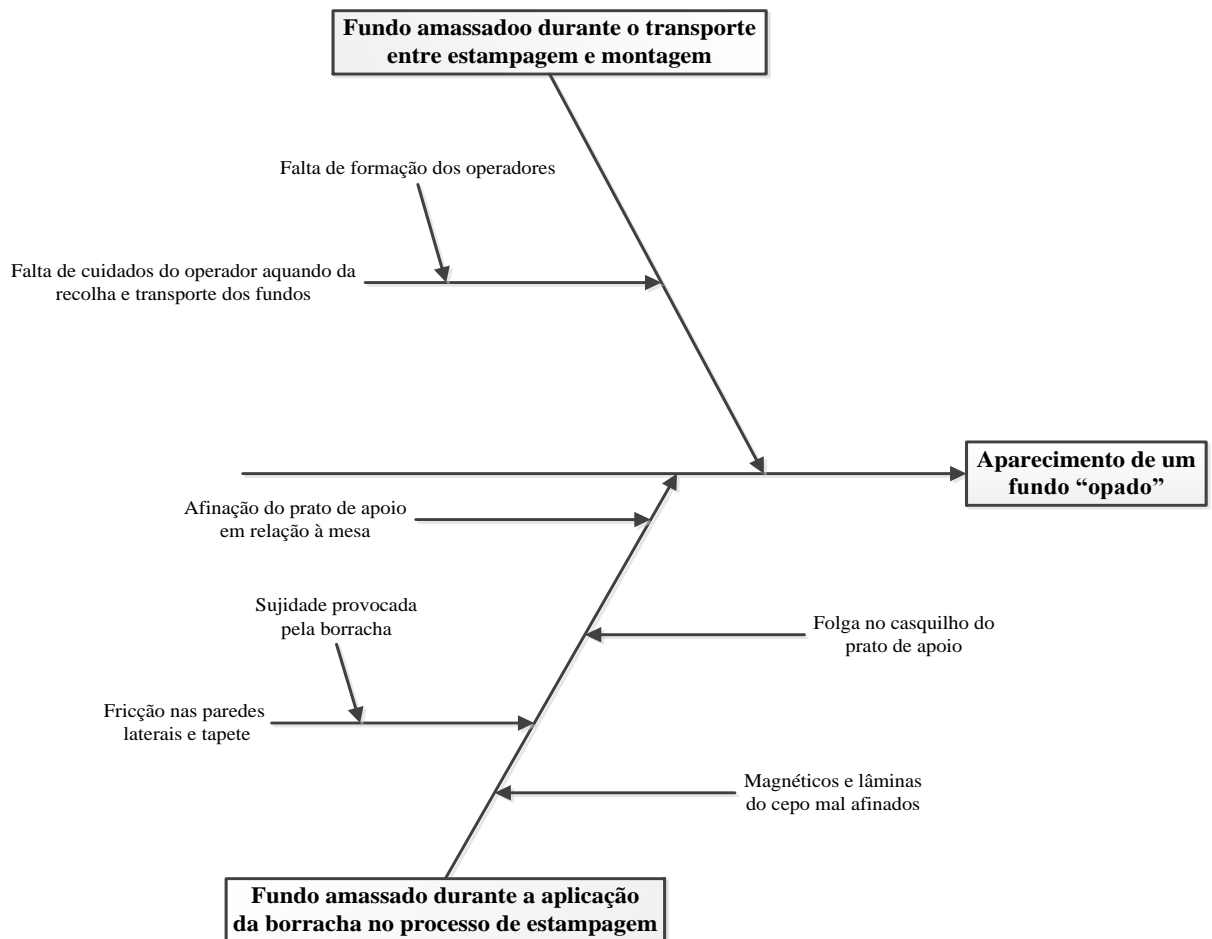


Figura 15 – Diagrama de Ishikawa desenvolvido para o problema N° 1.

3.11.2 Problema N° 2

Este problema consiste no encravamento da cravadeira originado pela entrada de um corpo caído no seu interior. É frequente os corpos caírem ao longo do seu percurso até à cravadeira e quando não desviados, poderão provocar o encravamento da mesma. Dependendo da gravidade da situação, o encravamento poderá obrigar a paragem da linha durante vários minutos. A Figura 16 apresenta dois exemplos de corpos caídos.



Figura 16 – À esquerda: corpo caído antes da roseta. À direita: corpo caído antes da cravadeira.

O diagrama de *Ishikawa*, apresentado na Figura 17, procura identificar as causas potenciais do segundo problema.

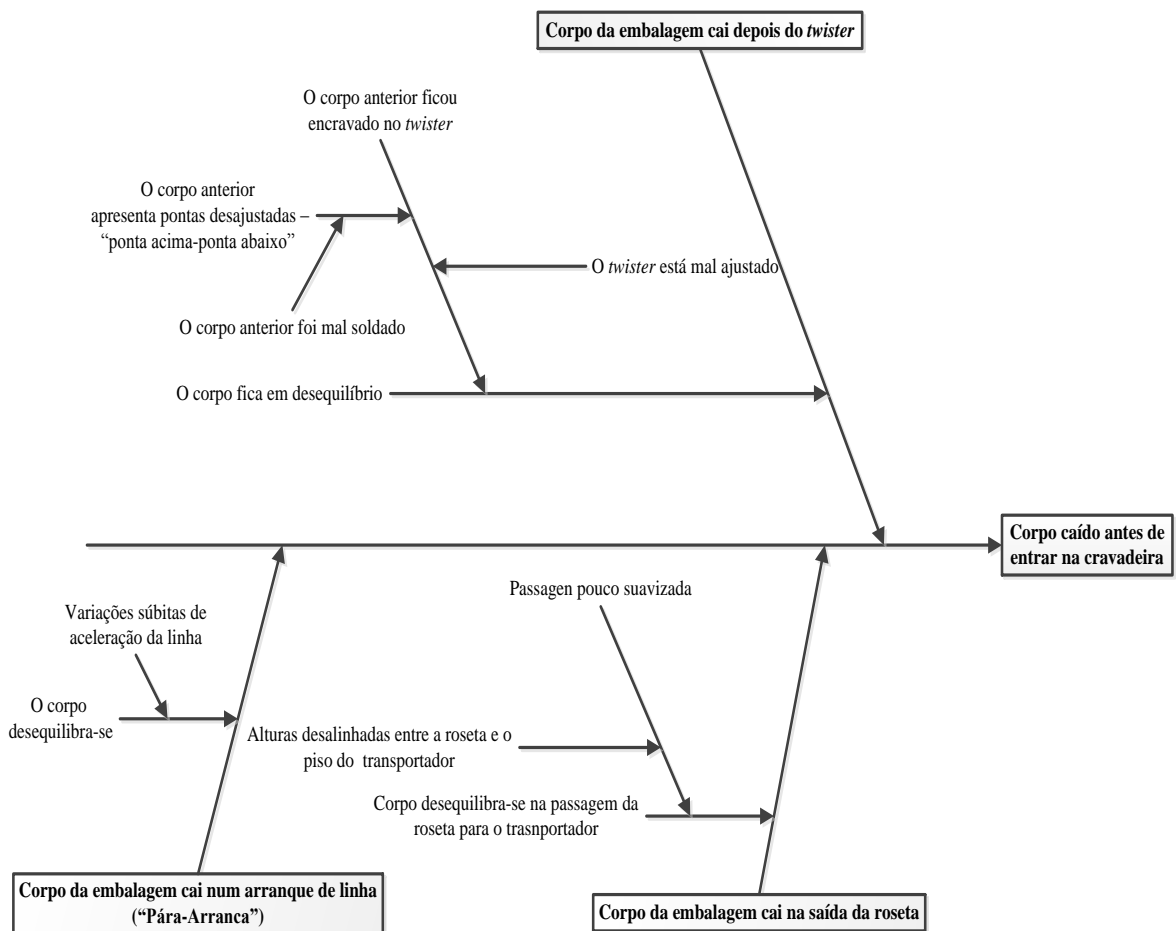


Figura 17 – Diagrama de *Ishikawa* desenvolvido para o segundo problema.

Observando o diagrama de *Ishikawa* desenvolvido para o problema em análise, conclui-se que existem, de facto, várias causas que poderão contribuir para a queda de corpos ao longo do percurso até à cravadeira. As variações súbitas de aceleração aquando dos arranques de linha ou as passagens pouco suavizadas nas transições das rosetas para os transportadores poderão ser duas causas potenciais da queda de corpos, quer para o diâmetro 49 mm quer para o diâmetro 65 mm. Contudo, a maioria dos corpos que caem por qualquer uma destas causas, conseguem ser desviados antecipadamente. Estes desvios poderão ser feitos por mecanismos que a linha dispõe ou por observação dos próprios operadores, evitando deste modo, o encravamento da cravadeira.

Relativamente ao diâmetro 65 mm deve também considerar-se a queda de corpos provocada pela presença do *twister*, consistindo na principal causa da queda de corpos antes da cravadeira. O *twister* é um mecanismo de inversão dos corpos cilíndricos, colocado próximo da entrada da cravadeira por razões de ordem técnica. O esquema de funcionamento deste inversor é apresentado na Figura 18. No diagrama de *Ishikawa* associa-se a queda de um

corpo no troço entre o *twister* e a cravadeira ao encravamento de um outro corpo no mecanismo de inversão, que impede a passagem de corpos anteriores a este. Sendo esta uma zona de enorme pressão entre os corpos, o corpo imediatamente a seguir ao *twister* fica sem apoio na retaguarda, podendo acabar por cair. Ocorrendo a queda e sendo a cadência de produção da ordem das 300 embalagens/minuto, o operador não terá tempo para detetar o incidente. Consequentemente, o corpo caído entrará na cravadeira podendo provocar o seu encravamento. Deste modo, procurou-se perceber o porquê dos encravamentos no *twister*. Das observações efetuadas e dos depoimentos recolhidos constatou-se que o aparecimento de pontas desajustadas nos corpos, resultante do processo de soldadura é a causa raiz potencial dos encravamentos no *twister*. Os corpos com este defeito apresentam pequenos desalinhamentos nas pontas da costura de soldadura, suficientes para provocar o encravamento.

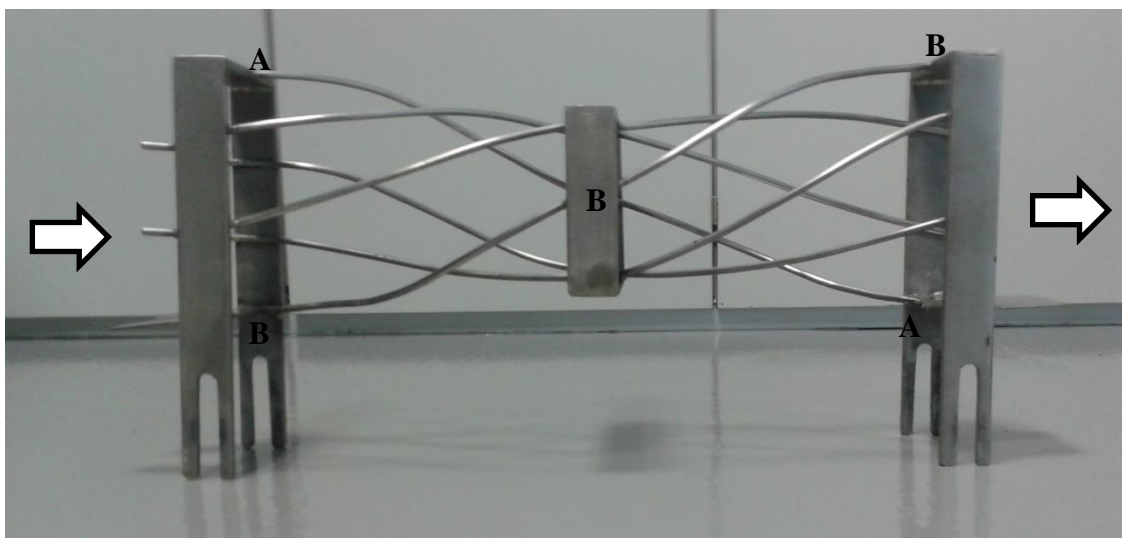


Figura 18 - Esquema de funcionamento do *twister*.

3.11.3 Problema Nº 3

Este problema consiste no encravamento da cravadeira por consequência da queda de fundos no seu interior, sendo mais comum em corpos com diâmetro 49 mm.

A queda ocorre na transição entre o transportador e o flutuador dos fundos. Esta transição é feita através de uma *polie* magnetizada que transforma o movimento horizontal dos fundos (transportador) num movimento vertical (flutuador). Na imagem da esquerda da Figura 19 é representado o sentido de rotação da *polie*. O flutuador permite o acesso dos fundos ao interior da cravadeira, onde são cravados nos corpos das embalagens. Tal como a *polie*, as paredes laterais do flutuador também são magnetizadas, de modo a anular o efeito magnético da primeira. Na imagem da direita da Figura 19 são sinalizados os magnéticos colocados nas paredes do flutuador.

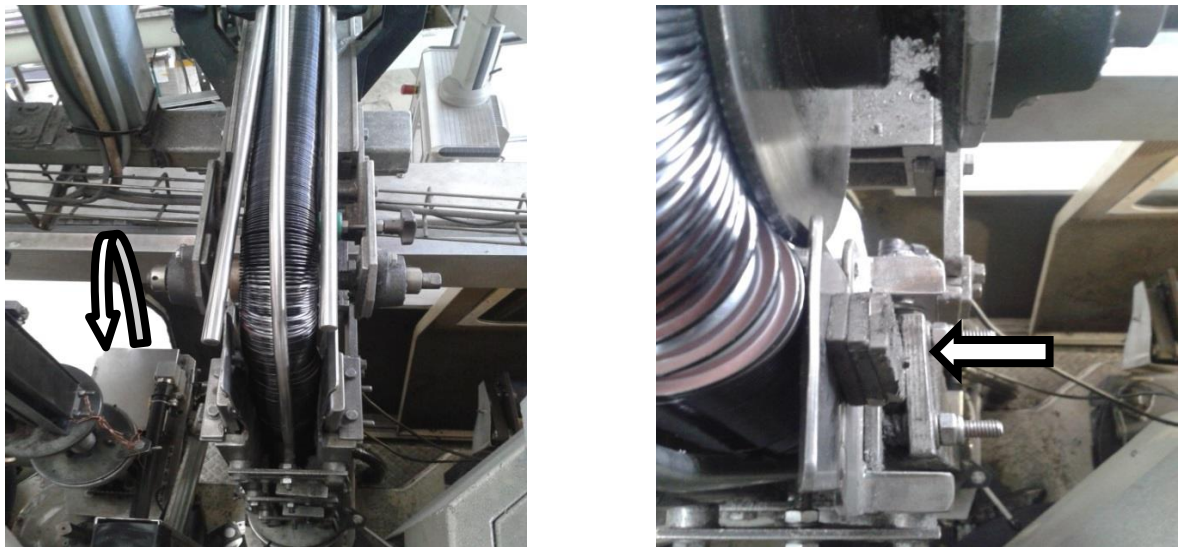


Figura 19 – À esquerda: *polie* da cravadeira. À direita: magnetos colocados nas paredes do flutuador.

De modo a perceber o porquê da queda de fundos no interior da cravadeira, desenvolveu-se o diagrama de *Ishikawa* apresentado na Figura 20.

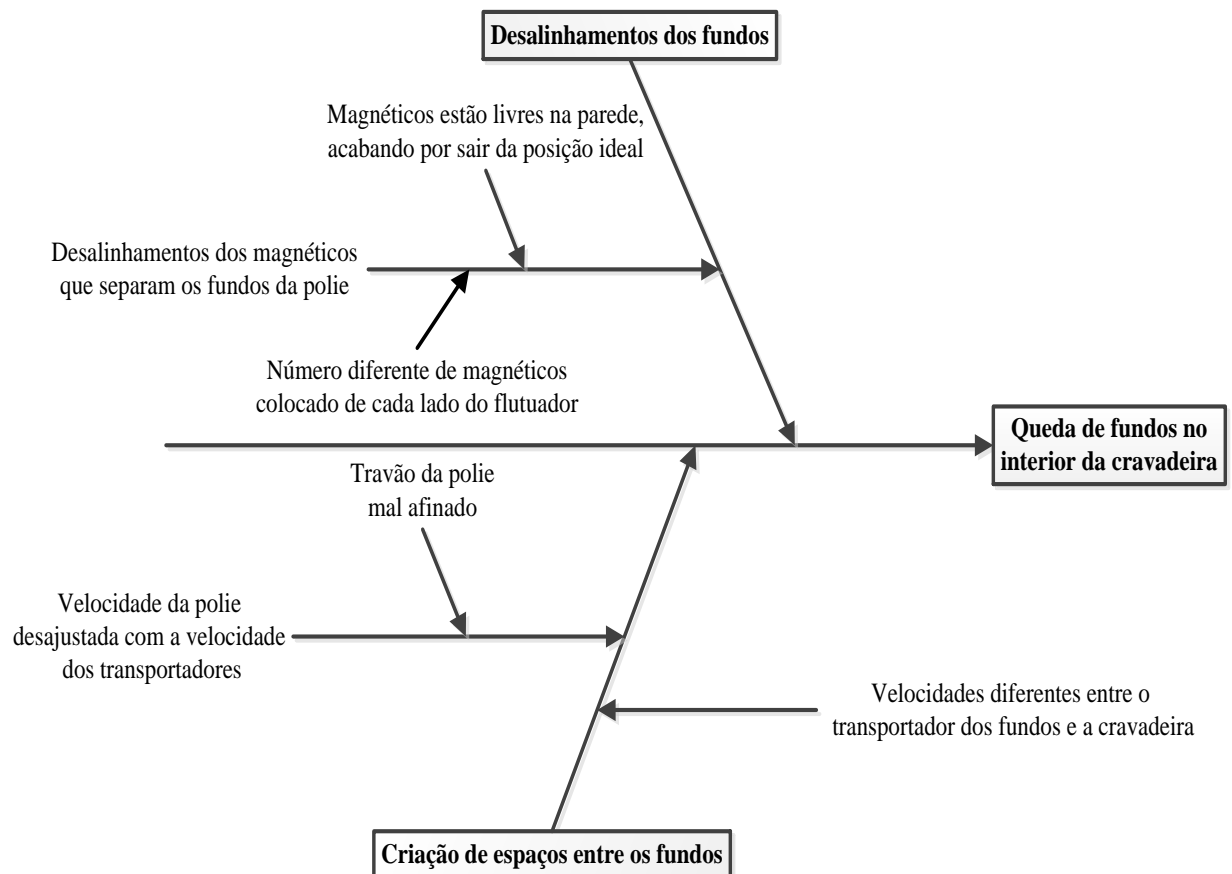


Figura 20 - Diagrama de *Ishikawa* desenvolvido para o problema N°3.

Observando o diagrama de *Ishikawa* desenvolvido para o problema em análise, conclui-se que o desalinhamento dos magnéticos colocados nas paredes dos flutuadores é, efetivamente, a principal causa de queda de fundos no interior da cravadeira. O facto de os magnéticos estarem livres para se movimentarem nas paredes do flutuador, não garante a estabilidade do seu posicionamento. Também se verificaram diferenças no número de magnéticos colocados em cada um dos lados do flutuador. Esta diferença tem como consequência um desequilíbrio das forças magnéticas criadas e, consequentemente, o desalinhamento dos fundos. A colocação dos magnéticos e o seu posicionamento é da responsabilidade do supervisor que realiza o *setup* de diâmetro. Nas observações realizadas constatou-se sempre alterações das condições iniciais do seu posicionamento.

A criação de espaços entre os fundos é outra causa possível para a queda de fundos no interior da cravadeira, sendo contudo, uma causa menos relevante. As subcausas identificadas estão relacionadas com erros cometidos durante a realização do *setup* de diâmetro.

3.12 Setups – Classificação das Atividades

Neste capítulo analisam-se os problemas relativos aos *setups* dos transportadores e de cor do verniz. A análise consiste na apresentação dos tempos das atividades que compõe cada um dos *setup*, na sua classificação em internas ou externas e no cálculo a taxa de desperdício. Esta análise consiste na primeira fase do método *SMED*.

3.12.1 Problema Nº 4

Este problema refere-se ao tempo de realização do *setup* dos transportadores da linha.

A análise do *setup* iniciou-se com a realização de filmagens, de modo a ser mais fácil acompanhar todas as atividades e identificar os pontos mais críticos.

O passo seguinte consistiu no registo das atividades e sua duração numa folha de observação de mudança definida pela Colep. Seguiu-se a classificação de cada atividade. No Anexo E é possível consultar a análise completa ao *setup* dos transportadores.

Da análise realizada (ver Figura 21) concluiu-se que o tempo total de *setup* dos transportadores é de, aproximadamente, 2 horas e 27 minutos. Verificou-se também que as atividades externas são inexistentes. Todas as atividades foram classificadas como internas, sendo que 31% foram consideradas desperdício.

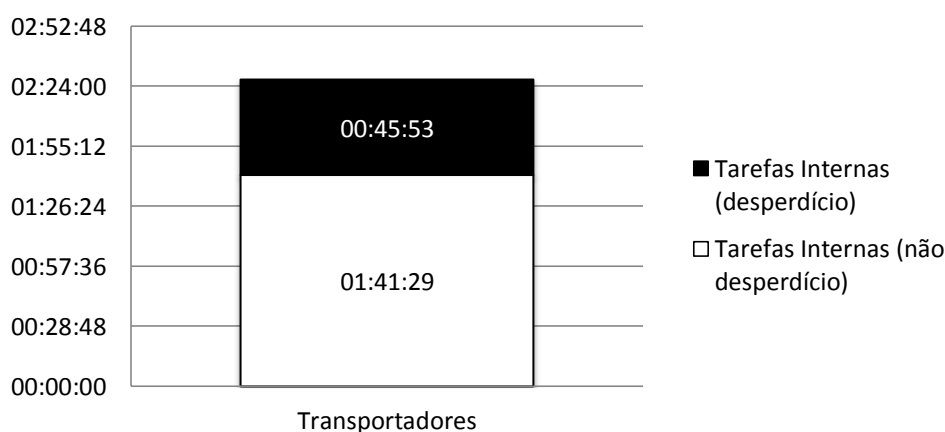


Figura 21 - Análise gráfica ao *setup* dos transportadores.

Os resultados obtidos são esclarecedores. O tempo de *setup* é, de facto, muito elevado para uma operação que parece pouco complexa. O desperdício definido como todas as atividades que não acrescentam valor e que devem ser evitadas também é elevado. Atividades como reajustar a largura das guias ou procurar ferramentas são dois exemplos de desperdício.

3.12.2 Problema Nº 5

Este problema refere-se ao tempo de realização do *setup* de cor do verniz.

O procedimento de análise do *setup* foi o mesmo utilizado na análise do problema anterior. No Anexo E pode-se consultar a folha de observação obtida no final da análise.

Da análise realizada concluiu-se que o tempo total de *setup* de cor do verniz é de, aproximadamente, 27 minutos (9 minutos por cabeça). Verificou-se também que as atividades externas são inexistentes. Todas as atividades foram classificadas como internas, sendo que 34% destas foram também consideradas desperdício.

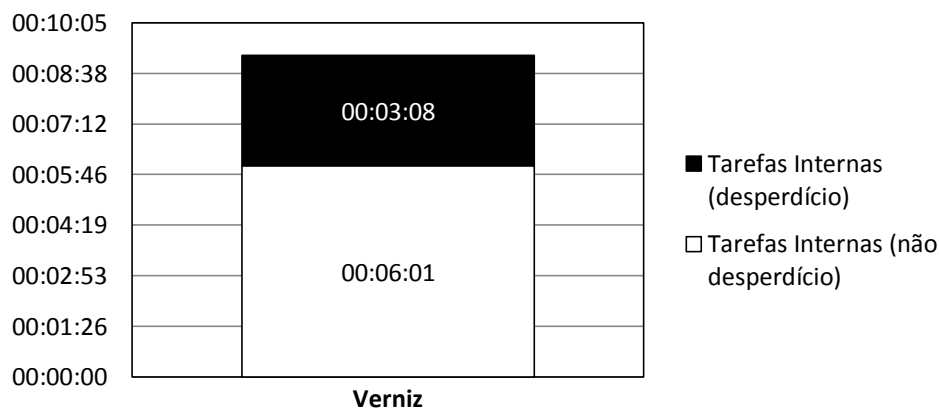


Figura 22 - Análise gráfica ao *setup* do verniz (para uma cabeça).

O *setup* de cor do verniz apresenta oportunidades de melhoria significativas. A taxa de desperdício é, de facto, elevada. Atividades como a limpeza dos depósitos do verniz ou a preparação dos materiais de limpeza durante o *setup* são dois exemplos de desperdício.

4 Sugestões de Melhoria e Protótipos Desenvolvidos

Neste capítulo apresentam-se as sugestões de melhoria propostas e os protótipos desenvolvidos, como soluções para cada um dos problemas identificados.

Em relação às avarias e microparagens foram propostas e implementadas soluções que permitissem eliminar as causas potenciais encontradas.

Ao nível dos *setups*, uma vez classificadas as atividades, foram propostas e implementadas soluções que visassem reduzir a taxa das atividades internas, convertendo algumas dessas atividades em externas ou recorrendo à automatização.

4.1 Solução para o Problema Nº 1

Sendo o processo de conformação dos fundos crítico no aparecimento de fundos amassados e “opados”, constatou-se que a eliminação das causas raiz exigiria um estudo mais aprofundado do processo. Neste sentido, definiu-se uma solução que permitisse atuar sobre este problema, sem intervir diretamente nas condições de processamento.

A linha 3 de conformação de fundos para aerossóis de diâmetro 65mm apresentava um sistema de visão, instalado para controlar a aplicação da borracha que atua como vedante dos fundos. A solução proposta consistiu em alterar a programação do sistema, para assegurar a detecção de fundos amassados. Por razões de custo e tempo não se optou por uma solução que atuasse diretamente na conformação, mas implementou-se a que possibilita a detecção de anomalias e a segregação imediata de fundos amassados, evitando os efeitos críticos de um problema recorrente da linha 27. A Figura 23 apresenta imagens relativas ao sistema de visão.



Figura 23 – À esquerda: sistema de visão para detecção de fundos amassados. À direita: fundos amassados rejeitados pelo sistema.

A solução foi desenvolvida com recursos internos e o seu custo irrelevante.

Para verificar a consistência da solução implementada nos resultados da melhoria, foram acompanhados ao longo do processo cerca de 240.000 fundos, não tendo sido registado o aparecimento de qualquer fundo defeituoso no verificador de testes de estanquidade.

Aquando da recolha de dados sobre as paragens do equipamento detetaram-se, durante uma semana, cerca de 50 fundos defeituosos para um total de produção de 513.639 embalagens: seria previsível o aparecimento de ± 23 fundos defeituosos no total dos 240.000 analisados. Os

dados recolhidos após a implementação da solução apontam para uma redução de 100% no aparecimento de fundos “opados”. Sabendo que, em média, cada fundo “opado” implica uma paragem de linha de 5 minutos, então é exetável que no final do mês, haja um ganho mensal de eficiência de 0,223% em relação à média dos 14 meses anteriores à data de início do projeto. O custo de um fundo é irrelevante pelo que se desprezou nesta análise o custo de perda dos fundos rejeitados. É importante referir que estes valores só têm em conta a produção de aerossóis de diâmetro 65mm, o benefício poderá ser ainda maior se as alterações forem também implementadas para o diâmetro 49mm.

Além da solução implementada, a secção da conformação dos fundos foi alertada, no sentido de aumentar os planos de manutenção às linhas que produzem fundos para a montagem de aerossóis 49mm e 65mm. Os operadores também foram alertados para os riscos decorrentes de um transporte descuidado dos fundos.

4.2 Solução para o Problema Nº 2

As variações súbitas de aceleração aquando dos arranques de linha ou as passagens pouco suavizadas nas transições das rosetas para os transportadores são duas causas potenciais da queda de corpos ao longo da linha, para qualquer dos diâmetros 49 mm ou 65 mm. Contudo, estas quedas não são muito críticas uma vez que a linha apresenta mecanismos que desviam quase sempre esses corpos. Apesar de não se ter atuado diretamente sobre as causas raiz, os operadores foram alertados quanto ao modo de montagem das rosetas em cada *setup* de diâmetro.

Nos corpos com diâmetro 65mm a queda também poderá ser provocada pela presença do mecanismo de inversão. A origem dos encravamentos no *twister* são excedentes, pontas de soldadura, que aparecem em alguns corpos. Contudo, para eliminar definitivamente a causa raiz seria necessário um estudo aprofundado do processo de soldadura. Devido à complexidade do processo e às limitações temporais do projeto, optou-se pela não realização deste estudo.

A linha dispõe de mecanismos que permitem detetar e desviar corpos caídos. Para o diâmetro 65mm verificou-se que esse controlo era realizado apenas a montante do *twister*. Se ocorresse a queda de um corpo provocada pelo encravamento de outro corpo no inversor, o primeiro entraria em posição horizontal na cravadeira, com o seu provável encravamento. Foi então proposta a deslocalização do sensor de deteção de corpos caídos para jusante do *twister*. Deste modo, a queda de corpos depois do *twister* seria detetada e estes desviados antes da sua entrada na cravadeira. A Figura 24 apresenta a nova configuração da linha, com o posicionamento do sensor (indicado pela seta) a jusante do *twister*. Embora não se tenha atuado sobre a causa raiz, a solução proposta é de implementação fácil e imediata, o que permitirá dar tempo e espaço para estudar com mais rigor o processo de soldadura.

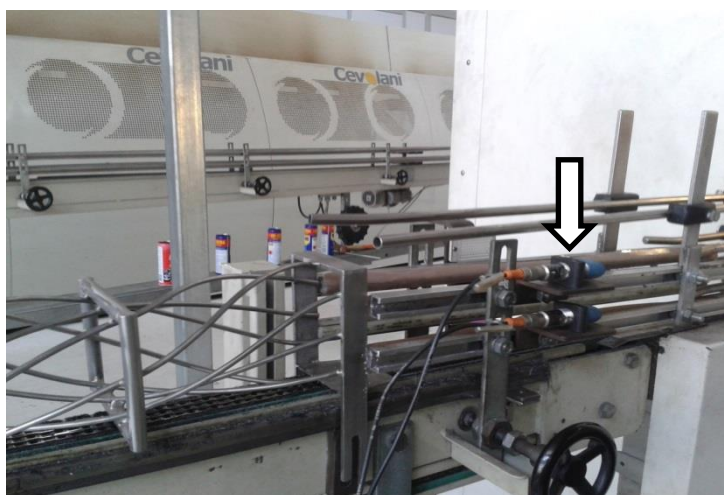


Figura 24 – A nova configuração da Linha.

Aquando da recolha de dados sobre as paragens da cravadeira, detetaram-se 4 paragens por este motivo durante uma semana de observações. Sabendo que, em média, a resolução de uma paragem deste tipo consome cerca de 20 minutos, estima-se que cerca de 160 minutos por mês (duas semanas a produzir diâmetro 65mm) sejam gastos a resolver paragens deste tipo. Com a implementação desta solução, é expectável um ganho mensal de eficiência de 0,156% em relação à média dos 14 meses anteriores à data de início do projeto.

4.3 Solução para o Problema Nº 3

Uma das causas identificadas para este problema foi a criação de espaços entre os fundos, com origem na fraca afinação do travão da *polie* ou nos erros de programação das velocidades do transportador e da cravadeira. Embora estas causas não sejam, efetivamente, a raiz do problema, supervisores e operadores foram alertados para executarem estas operações do *setup* de diâmetro com mais rigor.

Tal como foi referido anteriormente, o desalinhamento dos magnéticos colocados nas paredes dos flutuadores é, efetivamente, a principal causa de queda de fundos no interior da cravadeira. Neste caso, foram identificadas duas causas raiz potenciais: a liberdade de movimentos dos magnéticos e a sua distribuição em cada lado do flutuador.

Para atuar sobre estas causas foram sugeridas e implementadas duas propostas de melhoria. A primeira consistiu na extensão das paredes do flutuador para aumentar a estabilidade do alinhamento dos fundos na zona de transição. A segunda alteração consistiu na implementação de um suporte fixo para os magnéticos, em cada um dos lados do flutuador, para assegurar a estabilidade do posicionamento dos magnéticos e que a distribuição destes por cada um dos lados fosse a mesma, garantindo equilíbrio de forças no flutuador. A Figura 25 permite visualizar as alterações implementadas. Na vista lateral do flutuador é possível observar a extensão da sua parede e o suporte instalado para os magnéticos (indicado pela seta).

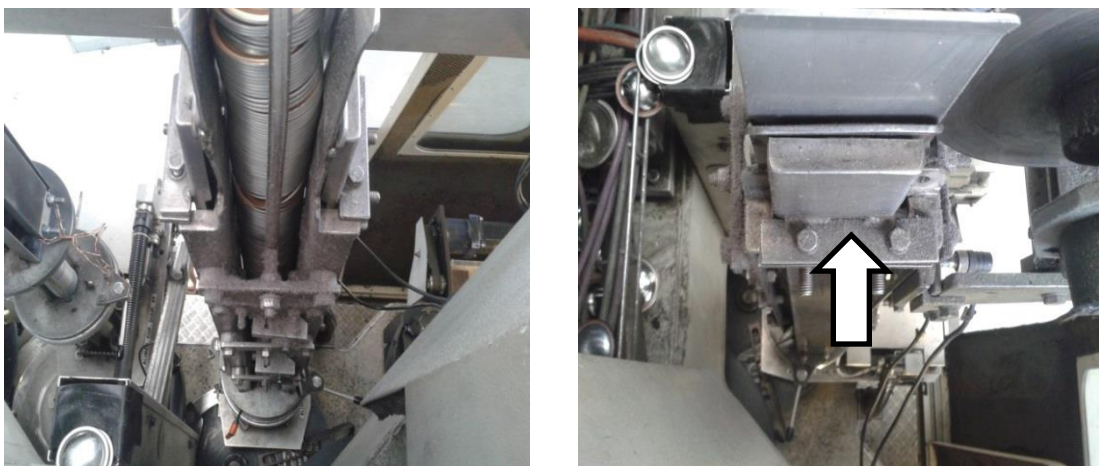


Figura 25 – À direita: vista frontal do flutuador. À esquerda: vista lateral do flutuador.

O custo da solução implementada foi praticamente nulo, uma vez que se reaproveitaram materiais já existentes na fábrica e a sua instalação realizada em poucos minutos.

De modo a verificar se a solução implementada gerou melhorias, fez-se o acompanhamento diário da cravadeira durante duas semanas, não tendo sido registada qualquer paragem por queda de fundos no seu interior. Verificou-se também que a resolução deste problema assegurou a resolução de um outro, o encravamento no flutuador.

Na análise da situação inicial, com recolha de dados sobre as paragens da cravadeira, detetaram-se nove paragens com origem num dos motivos acima referidos. Considerando que, em média, a resolução de uma paragem deste tipo consome 20 minutos, pode-se concluir que cerca de 360 minutos por mês (duas semanas a produzir diâmetro 49mm) são gastos a resolver paragens deste tipo. Com a implementação desta solução, é exetável um ganho mensal de eficiência de 0,348% em relação à média dos 14 meses anteriores à data de início do projeto. É importante referir que estes valores só têm em conta a produção de aerossóis de diâmetro 49mm, o benefício poderá ser ainda maior se as alterações forem também implementadas para o diâmetro 65mm.

4.4 Solução para o Problema Nº4

Após implementação da primeira fase do método *SMED*, constatou-se uma elevada taxa de desperdício, $\pm 31\%$, na realização do *setup* dos transportadores, com todas as tarefas internas, ou seja, realizadas com a linha parada.

Com o objetivo de se reduzir o tempo de *setup*, implementaram-se as duas etapas seguintes do método.

Numa primeira fase, procurou converter-se o maior número de atividades internas em externas (ver Anexo E). Constatou-se que seria possível alcançar uma redução de 8,3% no tempo total de *setup*, ou seja, cerca de 12 minutos. Para concretizar esta redução seria necessário que se verificassem as seguintes condições:

- Preparação e organização das ferramentas a utilizar pelos operadores;
- Aquisição de um porta-ferramentas para cada operador;
- Antes do início do *setup*, retirar do suporte as rosetas do novo diâmetro;
- Arrumar no suporte as rosetas retiradas do equipamento, após a conclusão do *setup*.

Numa segunda fase, apenas com ações de *setup* interno, foram definidas soluções criativas para encurtar o tempo de *setup*, ainda bastante elevado. Foram propostas e aprovadas duas soluções.

A primeira solução proposta está relacionada com a estrutura das rosetas. Cada roseta é constituída por duas partes não solidárias. O movimento solidário das duas partes é conseguido por intermédio da chaveta do veio motor. A Figura 26 representa um momento da montagem de uma roseta, na qual é possível observar a sua estrutura.



Figura 26 - Momento da montagem de uma roseta.

O *setup* dos transportadores contempla a mudança de cinco rosetas. A Tabela 5 indica os tempos médios dos movimentos realizados durante o *setup* das rosetas.

Tabela 5 – Tempos médios para o *setup* das rosetas.

<i>Movimento</i>	<i>Tempo</i>
Desapertar 1ª parte superior	0:00:16
Retirar 1ª parte superior	0:00:17
Desapertar 2ª parte inferior	0:00:13
Retirar 2ª parte inferior	0:00:26
Posicionar 2ª parte inferior (novo diâmetro)	0:00:44
Apertar 2ª parte inferior (novo diâmetro)	0:00:27
Posicionar 1ª parte superior (novo diâmetro)	0:00:31
Apertar 1ª parte superior (novo diâmetro)	0:00:24
Tempo médio de <i>setup</i> de uma roseta	0:03:19
Tempo médio de <i>setup</i> das 5 rosetas	0:16:34

A solução proposta consiste em tornar solidárias as duas partes que constituem a roseta, através da junção das mesmas. Para tornar mais ergonômica a realização do *setup*, também foi proposto a redução do peso das rosetas, retirando círculos de material a cada uma das partes. A Figura 27 permite observar as alterações propostas.

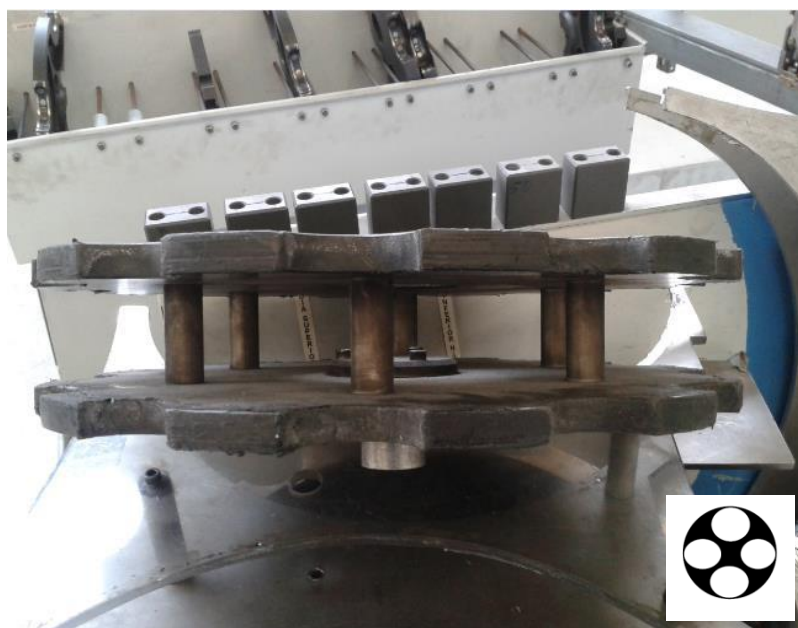


Figura 27 - Alterações propostas na estrutura das rosetas.

Esta solução permitirá reduzir o número de movimentos associados ao *setup* de cada roseta e, consequentemente, o seu tempo. A Tabela 6 indica os tempos médios associados aos movimentos de *setup* para as rosetas com a configuração proposta. Estes tempos foram estimados a partir dos registados na Tabela 5.

Tabela 6 – Tempos médios estimados para o *setup* das novas rosetas.

<i>Movimento</i>	<i>Tempo</i>
Desapertar roseta	0:00:14
Retirar roseta	0:00:22
Posicionar roseta (novo diâmetro)	0:00:38
Apertar roseta (novo diâmetro)	0:00:26
Tempo médio de <i>setup</i> de uma roseta	0:01:39
Tempo médio de <i>setup</i> das 5 rosetas	0:08:17

A nova configuração permitirá uma redução de $\pm 50\%$ ao tempo de *setup* das rosetas. Estima-se que o novo tempo de *setup* das cinco rosetas seja inferior a 10 minutos.

A segunda solução proposta está relacionada com o mecanismo de ajuste da largura das guias dos transportadores. Ao longo da linha existem mais de cem apertos manuais que permitem controlar a largura das guias dos componentes e das embalagens. Existem dois tipos de mecanismo de aperto: por volante e por alavanca. A Figura 28 apresenta os dois tipos de mecanismo.

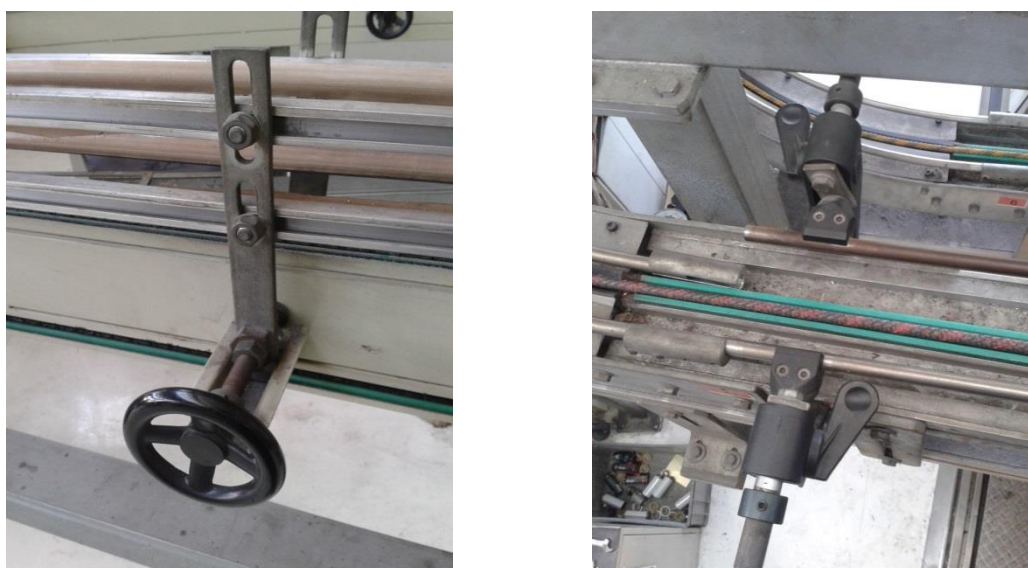


Figura 28 – À esquerda: mecanismo de aperto por volante. À direita: mecanismo de aperto por alavanca.

Do tempo total de *setup*, cerca de 85% do tempo é ocupado a ajustar a largura das guias, procedimento demorado e custoso. Constataram-se também algumas tarefas no *setup* que são precárias, destacando-se o facto de o operador precisar de recorrer a uma embalagem para ajustar a largura dos apertos (ver Figura 29), tendo frequentemente de voltar atrás para reajustar essa largura. Estas tarefas que não acrescentam valor traduzem-se em cerca de dez minutos de desperdício. Outro aspeto menos positivo é a não observação das condições ergonómicas em algumas tarefas. Por exemplo, aquando da mudança dos transportadores em altura, o operador tem que utilizar escadas para alcançar os pontos de aperto (ver Figura 29).

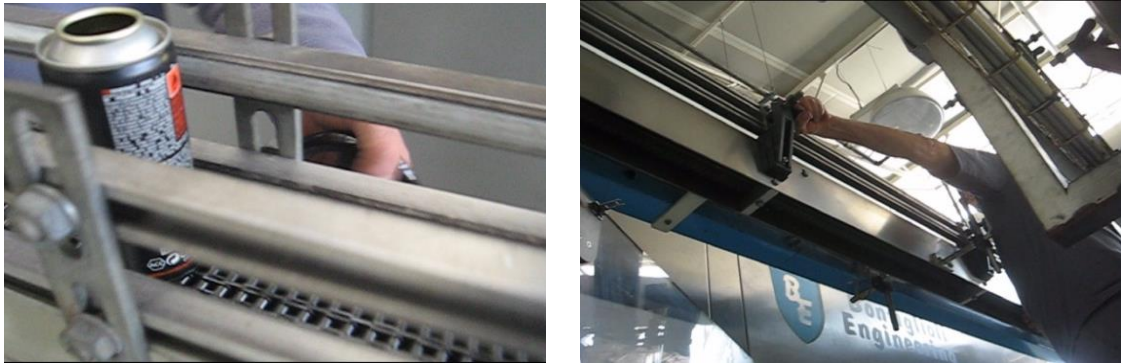


Figura 29 – À esquerda: recurso a uma embalagem para ajustar a largura das guias. À direita: mudança dos transportadores em altura.

A solução proposta assegura a mudança automática dos apertos, substituindo os mecanismos manuais de volante e alavanca por cilindros pneumáticos. Estes seriam acionados por válvulas de duas posições, correspondentes aos dois tipos de diâmetro que a linha produz. Para testar a validade desta proposta foi desenvolvido um protótipo num pequeno troço da linha. A Figura 30 representa imagens do protótipo desenvolvido.

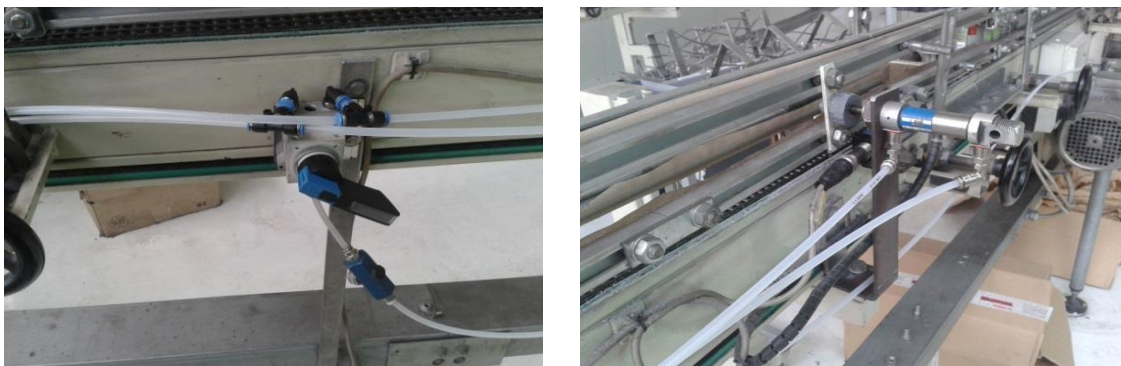


Figura 30 – À esquerda: válvula de acionamento de duas posições. À direita: cilindro pneumático.

O protótipo desenvolvido revelou resultados muito positivos. A implementação desta solução em toda a linha permitiria ajustar, em segundos, todos os seus apertos.

A implementação das duas soluções propostas possibilitaria encurtar significativamente o tempo de *setup* dos transportadores. Desprezando o novo tempo de mudança da largura das

guias, o novo tempo de *setup* dos transportadores passaria a ser, aproximadamente, igual ao novo tempo de *setup* das rosetas, cerca de 10 minutos.

Estimou-se um orçamento de 3 mil euros para implementação das soluções propostas. Para estudar a viabilidade do investimento, analisou-se o impacto que a redução do tempo de *setup* dos transportadores poderia ter sobre o tempo total de *setup* de diâmetro.

Na secção 3.9.2 é apresentada na Tabela 3 a distribuição das tarefas no *setup* de diâmetro. Como se conclui, a alteração proposta será insignificante na redução do tempo total de *setup*, se a distribuição atual das tarefas se mantiver. A implementação das soluções testadas só terá o impacto desejado se for acompanhada de treino dos operadores. Neste sentido, começou a ser dada formação aos operadores especializados para estarem aptos a realizar o *setup* da cravadeira, uma vez que não dispunham de competências para realizá-lo de forma autónoma. Contudo, prevê-se que num futuro próximo, os operadores treinados consigam fazê-lo em 8 horas.

A vantagem da introdução das alterações propostas é a libertação do operador para outras atividades, nomeadamente, para a realização do *setup* da cravadeira. O impacto sobre o tempo total de *setup* de diâmetro poderá ser significativo. Com a nova distribuição de tarefas (ver Tabela 7) prevê-se que o novo tempo de *setup* seja de 9,2 horas, o que implicará uma redução de 4,8 horas ao tempo total de *setup* de diâmetro.

Tabela 7 – Estimativa dos tempos médios de intervenção no *setup* de diâmetro depois de implementadas as melhorias sugeridas.

<i>Função</i>	<i>Equipamento</i>	<i>Tempo (horas)</i>
Supervisor	Máquina de Soldar	6
Operador Especializado	Transportadores	0.2
	Paletizador	0.5
	Sistema de Envernizamento	0.5
	Cravadeira	8
Operador Auxiliar	Verificador de Estanquidade	0.5

O possível ganho de 4,8 horas por *setup* permitirá uma redução mensal das perdas de disponibilidade em 9,6 horas. Com esta redução, estima-se um aumento do *OEE* mensal de 0,55% em relação à média dos 14 meses anteriores à data de início do projeto.

4.5 Solução para o Problema Nº 5

Após implementação da primeira fase do método *SMED*, constatou-se uma elevada taxa de desperdício, $\pm 34\%$, na realização do *setup* de cor do verniz, com todas as tarefas internas, ou seja, realizadas com a linha parada.

Tal como no quarto problema, numa primeira fase procurou converter-se o maior número de tarefas internas em externas (ver Anexo E). Verificou-se que desta forma seria possível retirar ao tempo de paragem para este *setup* cerca de 9 minutos. Para se concretizar esta redução, é necessário que se verifiquem as seguintes condições:

- Aquisição de três depósitos (ver Figura 31) para que se evitem limpezas desnecessárias aquando da realização do *setup*, alocando cada depósito a um tipo de verniz;
- Enchimento prévio dos depósitos com butil e com verniz;
- Preparação antes do *setup*, das ferramentas e material de limpeza.

Neste problema, a aplicação do método *SMED* limitou-se à implementação das duas primeiras etapas. Com a implementação das propostas sugeridas conseguir-se-á encurtar o tempo de *setup* do verniz para cerca de 18 minutos.

Considerando que em média são realizados 10 *setups* de verniz por mês, prevê-se uma redução mensal das perdas de disponibilidade em 90 minutos. Com esta redução, estima-se um aumento do *OEE* mensal de 0,09% em relação à média dos 14 meses anteriores à data de início do projeto.

A compra dos 3 novos depósitos terá um custo desprezível.



Figura 31 – Depósitos do verniz.

5 Resultados após Implementação das Melhorias

Neste capítulo é apresentada a síntese dos resultados obtidos e previstos e a evolução do *OEE* nos quatro meses seguintes à data de início do projeto.

5.1 Síntese dos Resultados

Os resultados são apresentados em dois grupos:

1. Relativos às soluções implementadas para os problemas 1,2 e 3;
2. Relativos às soluções sugeridas para os problemas 3 e 4;

A Tabela 8 apresenta os custos das soluções implementadas, a estimativa da disponibilidade gerada (tempo de produção adicional) e do aumento da eficiência conseguidos com a implementação das melhorias propostas para os três primeiros problemas.

Tabela 8 – Síntese dos resultados para os problemas 1,2 e 3.

	<i>Custo (€)</i>	<i>Disponibilidade gerada (min)</i>	<i>Aumento OEE (%)</i>
Problema 1	0	230	0,22
Problema 2	0	160	0,16
Problema 3	0	360	0,35
Total	0	750	0,73

O custo de implementação das soluções foi nulo e estima-se que as soluções implementadas tenham gerado um aumento do *OEE* mensal de 0,7% relativamente à média dos 14 meses anteriores à data de início do projeto.

A Tabela 9 apresenta os custos das soluções propostas, a estimativa da disponibilidade gerada (tempo de produção adicional) e do aumento da eficiência que se poderão obter após implementação das melhorias sugeridas para os dois últimos problemas

Tabela 9 – Síntese dos resultados para os problemas 4 e 5.

	<i>Custo (€)</i>	<i>Disponibilidade gerada (min)</i>	<i>Aumento OEE (%)</i>
Problema 4	3000	576	0,55
Problema 5	0	90	0,09
Total	3000	666	0,64

Estima-se que as soluções propostas possam gerar um aumento do *OEE* mensal de 0,6% relativamente à média dos 14 meses anteriores à data de início do projeto. O orçamento previsto é de 3 mil euros, tendo sido considerado viável pela Empresa.

5.2 Evolução do OEE

Após a implementação de algumas melhorias procedeu-se à observação da evolução do valor do *OEE* ao longo dos últimos quatro meses. A Figura 32 apresenta esta evolução. É importante salientar que no início do mês de Maio as soluções já tinham sido introduzidas.

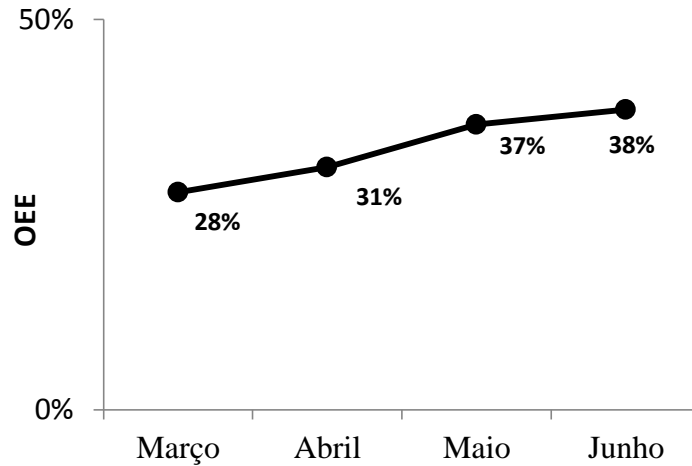


Figura 32 - Análise gráfica da evolução do *OEE* ao longo dos últimos quatro meses.

A média do *OEE* nestes quatro meses é de, aproximadamente, 33%, constatando-se um aumento de 6% em relação à média dos catorze meses anteriores à data de início do projeto. É, efetivamente, um aumento superior ao esperado. Esperava-se um crescimento menos significativo. Na origem deste crescimento poderão estar outros fatores não analisados nos capítulos anteriores, nomeadamente, a experiência dos operadores. No início do ano foram contratados três novos operadores e, por isso, o seu nível de desempenho atual é muito superior. Um segundo fator resulta de pequenas melhorias que têm vindo a ser introduzidas na linha, como o sistema de visão responsável pela deteção de falhas na aplicação do verniz preto, que libertou os operadores para outras tarefas. É também importante referir as melhorias de desempenho verificadas no paletizador, depois da reparação de alguns dos seus componentes.

6 Conclusões e Trabalhos Futuros

Com as previsões a apontarem para um crescimento da procura em relação aos anos anteriores, a Colep vê-se pressionada a melhorar continuamente a eficiência e eficácia dos seus processos. O projeto da linha 27, que fundamentou a realização desta dissertação, enquadra-se num conjunto de alvos prioritários identificados pela Empresa, sobre os quais é urgente e fundamental criar condições que permitam o aumento imediato da eficiência.

A linha 27, de montagem de aerossóis, apresentava valores de *OEE* abaixo da meta deste indicador, estabelecida pela Empresa para 2014. Neste sentido, a direção da Empresa decidiu criar no início de 2013, um projeto dedicado exclusivamente à linha com o objetivo prioritário de aumentar o *OEE*.

Depois de uma análise inicial ao estado da linha, a equipa do projeto decidiu implementar um projeto de *TPM* apoiado, inicialmente, no pilar do *focused improvement*. Com este projeto pretendia-se não só melhorar o indicador de eficiência, mas também criar condições para mais tarde implementar outras metodologias *lean*.

Para agilizar e flexibilizar o processo de implementação do projeto, tornou-se fundamental, numa primeira fase, delinear uma estratégia de abordagem ao problema. Para a fase de recolha e análise dos dados foram delineadas as seguintes etapas:

- Análise do histórico da linha;
- Recolha de dados no *gemba*;
- Sessões de *brainstorming*.

Estas três etapas revelaram-se fundamentais para um conhecimento global dos problemas mais críticos da linha, com a mobilização dos operadores para expressarem e partilharem as dificuldades que enfrentavam diariamente. Convém salientar que se procurou sempre o envolvimento de todos os operadores no projeto, nomeadamente, através da comunicação dos resultados e da evolução do estado do projeto.

As limitações temporais e financeiras do projeto implicaram uma seleção cuidada das soluções possíveis com impacto na resolução dos cinco problemas, alvo de uma análise esforço-benefício. Três dos cinco pertenciam ao grupo das paragens causadas por avarias e microparagens e os outros dois estavam relacionados com os elevados tempos de *setup* dos equipamentos da linha. Esta seleção foi crucial para evitar o problema comum da elevada taxa de insucesso, que acontece quando se pretende resolver todos os problemas imediatamente.

Para o primeiro grupo dos problemas selecionados, foram desenvolvidos, em conjunto com operadores e supervisores, diagramas de *Ishikawa*. O objetivo seria a identificação das causas raiz dos problemas. No entanto, a complexidade de algumas causas identificadas e as limitações temporais do projeto implicaram, por vezes, uma análise menos aprofundada de alguns problemas. Para dois dos problemas selecionados, as soluções propostas são apenas temporárias pois não permitiram a eliminação definitiva das causas raiz. Contudo, possibilitaram a contenção na origem desses problemas e, deste modo, ganhar tempo para encontrar e eliminar as causas principais. Estima-se que as soluções implementadas para os três problemas se traduziram num aumento da eficiência de, aproximadamente, 0,7% relativamente à média dos 14 meses anteriores à data de início do projeto. O custo das implementações realizadas foi praticamente nulo.

Relativamente aos problemas relacionados com os elevados tempos de *setup*, as soluções propostas não foram implementadas, apesar de já aprovadas pela direção. Contudo, convém referir que são soluções com dimensões diferentes. A solução proposta para o *setup* dos transportadores é uma solução mais criativa e mecanizada e, por isso, implica um investimento mais avultado. Todavia, a sua implementação permitirá uma redução de cerca de 34% ao tempo do *setup* de diâmetro. Por outro lado, a solução proposta para o problema do *setup* de cor do verniz resultou de uma simples conversão de atividades de *setup* internas em externas. O investimento a realizar será insignificante e permitirá reduções do tempo de *setup* na ordem dos 33%. Estima-se que o conjunto das soluções sugeridas para os dois problemas se traduzirão num aumento de eficiência de, aproximadamente, 0,6% relativamente à média dos 14 meses anteriores à data de início do projeto. O orçamento previsto para a implementação das melhorias sugeridas é de 3 mil euros, pelo que, tendo em consideração a cadência média de produção da linha e os lucros unitários das embalagens, a Empresa considerou o investimento viável, estando disposta a realizá-lo num futuro próximo.

As soluções implementadas tiveram um impacto na evolução do *OEE* ao longo dos quatro meses seguintes à data de início do projeto. Constatou-se um aumento de 6% em relação à média do *OEE* dos catorze meses anteriores. De facto, não era exatável um crescimento tão acentuado do seu valor. Contudo, o aumento do nível de experiência dos operadores e a introdução de pequenas melhorias, que já haviam sido anteriormente estudadas, poderão estar na origem desta evolução.

Relativamente às dificuldades encontradas ao longo do projeto, o problema da resistência à mudança foi, efetivamente, a maior dificuldade encontrada. É muito comum a mudança assustar as pessoas. A alteração dos procedimentos fá-los pensar que não vão ser capazes de executar tão bem o trabalho e que, por isso, poderão pôr em causa o seu posto. As pessoas têm tendência a acomodar-se às condições em que trabalham. É muito comum ouvir expressões do género: “Isto sempre foi feito assim, porquê mudar?” ou “Essa solução não vai funcionar”.

Para criar o contexto de aceitação da mudança, imediata e futura, contornando as dificuldades encontradas, procurou-se sempre o envolvimento das pessoas no projeto, partilhando com elas o interesse e responsabilidade na procura das causas dos problemas, na definição e implementação das soluções e nos resultados alcançados.

Sendo o presente projeto promotor da melhoria contínua, nunca estará terminado, existirão trabalhos futuros e novos desafios para melhorar a eficiência da linha 27. Convém alertar para alguns aspetos que deverão merecer especial atenção nos próximos tempos, nomeadamente:

- Revisão da fórmula de cálculo do *OEE* e modo de recolha dos dados sobre paragens;
- Análise mais dedicada e pormenorizada a alguns dos problemas detetados, no sentido de permitir identificar e eliminar as verdadeiras causas raiz dos problemas;
- Iniciar a análise de outros problemas identificados;
- Implementar as soluções propostas para os *setups* dos transportadores e do verniz;
- Apostar no desenvolvimento das competências dos operadores;
- Normalizar as operações de *setup* para todos os equipamentos, de modo a constituírem uma base de referência para o processo de melhoria contínua.

Referências

- Colep. 2014a. Manual de Acolhimento: Excelência e Respeito. Vale de Cambra: Colep.
- . 2014b. "History". Acedido a 01 de Maio de 2014. <http://www.colep.com/about-us/history>.
- George, Michael L, David Rowlands, Mark Price e John Maxey. 2005. *The lean six sigma pocket toolbox: a quick reference guide to 100 tools for improving quality and speed*. McGraw-Hill.
- ISO, EN. 2008. "9001: 2008." *Quality management systems—Requirements* no. 9001.
- Kumar Sharma, Ashok e Awadhesh Bhardwaj. 2012. "MANUFACTURING PERFORMANCE AND EVOLUTION OF TPM." *International Journal of Engineering Science & Technology* no. 4 (3).
- Lopes, Raul, Carlos Neto e João Paulo Pinto. 2010. "Quick Changeover: Aplicação prática do método SMED." *Kerâmica*:31-36.
- Moen, Ronald e Clifford Norman. 2006. Evolution of the PDCA cycle.
- Nakajima, Seiichi. 1988. *Introduction to TPM: total productive maintenance*. Productivity Press Cambridge, MA.
- Pettersen, Jostein. 2009. "Defining lean production: some conceptual and practical issues." *The TQM Journal* no. 21 (2):127-142.
- Pomorski, Thomas R. 2004. "Total Productive Maintenance (TPM) Concepts and Literature Review." *Brooks Automation Inc*.
- RAR, Grupo. 2014. "Dados Financeiros". Acedido a 01 de Maio de 2014. http://www.rar.com/pt/dados_financeiros/.
- Rother, Mike. 2010. *Toyota Kata*. McGraw-Hill.
- SME, Society of Manufacturing Engineers. 1995. *Total Productive Maintenance in America*. SME.
- Suzuki, Tokutaro. 1994. *TPM in process industries*. Productivity Press.
- Wikipédia. 2013. Acedido a 01 de Maio de 2014. "Aerossol". <http://pt.wikipedia.org/wiki/Aerossol>.
- Wilson, Lonnie. 2010. *How To Implement Lean Manufacturing*. Mc Graw Hill.

ANEXO A: Mapa de Registo e Controlo de Produção.

Célula: ACR-1		Linha: 27		Data: 27 / 05 / 2014													
O.FABRICO FORMATO	Hora início Hora fim	Produção acabada	CONTADOR		PARAGENS						Leitor código de barras	Sistema de visão		Inq			
			Equipamento	Contador	Código	Tempo	Código	Tempo	Código	Tempo		Lê	Não lê		Ligado	Desliga	
2.356267	14:00	22,473	Máq. Soldar	23603	M0133	15mm						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ligado	Desliga
φ65x106	15:50		Fornos														
			Cravadeira(s)	23197													
			Máq. Estanq.	22815													
			Sucata ⁽¹⁾														
2.251821	15:50		Máq. Soldar	21751	M0571	15mm						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ligado	Desliga
			Fornos														
			Cravadeira(s)	22170													
			Máq. Estanq.	21851													
			Sucata ⁽¹⁾														
φ65x106	17:30		Máq. Soldar	24315	M0100	15mm						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ligado	Desliga
			Fornos														
			Cravadeira(s)	23594	M0115	15mm											
			Máq. Estanq.	22608	M0130	10mm											
			Sucata ⁽¹⁾														
			Máq. Soldar	4527	M0512*	25mm						<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ligado	Desliga
			Fornos														
			Cravadeira(s)	4562													
			Máq. Estanq.	4278													
			Sucata ⁽¹⁾														
			Máq. Soldar														
			Fornos														
			Cravadeira(s)														
			Máq. Estanq.														
			Sucata ⁽¹⁾														
Observações			* M0510 → Mudança de inverter à entrada da cravadeira, parava as lutas, tornando a cravadeira a cravar mais cabos nº 2, e ver. estagnabilidade a não rejeitar.														
			* M0512 → Cabos nº 20 a trabalhar mais com a pressão do ar e não com o trito;														

(1) Produção acabada - Máquina de soldar

ANEXO B: Codificação de Paragens

Codificação de Paragens - Montagem

Mão, Soldar / Verniz Exterior-Interior / Fornos (M01)	
Cód. Mot.	Descrição Motivo
M0100	Latas a riscar / danificadas
M0101	Latas a riscar na régua
M0102	Latas a riscar cabeça azoto ext.
M0103	Latas a riscar no forno
M0104	Latas a riscar na ferramenta
M0105	Latas a riscar na enroladeira
M0110	Ajustes / Afiadações
M0111	Ajuste correite / pressão soldadura
M0112	Ajuste ferramenta de calibração
M0113	Ajuste temperatura fornos
M0114	Ajuste aplicação verniz int. / ext.
M0115	Afinação enrolado
M0116	Afinação posicionamento
M0117	Ajuste velocidades
M0118	Desalinhamento lata - Pontas desajustadas
M0130	Encravamentos
M0131	Encravamento bobine fio
M0132	Encravamento Alimentador
M0133	Encravamento enroladeira - corrente transporte
M0134	Encravamento verniz costura int. / ext.
M0140	Outros
M0141	Refrigeração m. soldar
M0142	Refrigeração fornos
M0143	Limpeza / Substituição pincel
M0144	Desentupimento bico
M0145	Limpeza filtros
M0146	Limpeza cabeça do azoto
M0190	Avaria mecânica
M0191	Avaria eléctrica
M0192	Cadência reduzida

Cravadeiras (M05)	
Cód. Mot.	Descrição Motivo
M0500	Latas a riscar / danificadas
M0510	Ajustes / Afiadações
M0511	Afinação parâmetros de cravação
M0512	Ajuste Necked-In
M0513	Afinação pressão rebordar
M0514	Afinação do canal e ameaço
M0515	Afinação beira cravação
M0516	Afinação dos arisadores
M0517	Afinação introdução componentes
M0530	Encravamentos
M0531	Encravamento por falta de componentes
M0532	Encravamento saída cravadeira
M0533	Encravamento transportador componentes
M0534	Encravamento na estação de cravação
M0540	Outros
M0541	Desincronização
M0590	Avaria mecânica
M0591	Avaria eléctrica
M0592	Cadência reduzida

Paletizador (M13)	
Cód. Mot.	Descrição Motivo
M1300	Latas a riscar / danificadas
M1310	Ajuste / Afiadações
M1311	Afinação da acaiação
M1312	Afinação de células
M1330	Encravamentos
M1331	Encravamento de paletes
M1332	Encravamento na entrada
M1340	Outros
M1390	Avaria mecânica
M1391	Avaria eléctrica
M1392	Cadência reduzida

Verificador de Estanteidade (M06)	
Cód. Mot.	Descrição Motivo
M0600	Latas a riscar / danificadas
M0601	Latas a riscar no sem-fim
M0602	Latas amolgadas nas rosetas
M0610	Ajustes / Afiadações
M0630	Encravamentos
M0640	Outros
M0641	Desincronização das rosetas
M0690	Avaria mecânica
M0691	Avaria eléctrica
M0692	Cadência reduzida

Transportadores (M14)	
Cód. Mot.	Descrição Motivo
M1400	Latas a riscar / danificadas
M1410	Ajustes / Afiadações
M1430	Encravamentos
M1431	Queda de latas
M1440	Outros
M1490	Avaria mecânica
M1491	Avaria eléctrica
M1492	Cadência reduzida

Paragens de Linha (L)	
Cód. Mot.	Descrição Motivo
L000	Arranque de linha
L010	Limpeza de bicos borracha / verniz
L011	Limpeza tampas
L012	Limpeza ferramentas
L020	Toda aos serviços médicos
L030	Mudança de referência de borracha
L032	Mudanças de bobines de arame
L033	Mudanças de bobines fio de cobre
L034	Mudar placas de cravação
L040	Alastador linha (borracha, folha ...)
L041	Abastecer depósito de óleo (lubrificante peço, parafinas)
L050	Aquecimento do forno
L060	Fazer caixas
L070	Alisar bossa
L071	Aplicação símbolo tátil
L999	Outras

Causas Externas (C30)	
Cód. Mot.	Descrição Motivo
C3000	Causas Externas
C3001	Falta de gás
C3002	Falta de electricidade
C3003	Falta de ar
C3004	Falta de paletes
C3005	Falta de folha
C3006	Falta de componentes
C3008	Falta de verniz
C3009	Falta de separadores
C3010	Falta de cantos
C3011	Falta de contentores
C3012	Falta de empilhador
C3013	Falta de água na refrigeração
C3020	Problemas de folha - Litografia
C3021	Problemas de folha - Corte
C3022	Problemas de folha (Amassada, Riscada, etc)
C3030	Falta de O.F.
C3031	Falta de pessoal
C3032	Substituição do operador
C3033	Escolher material
C3034	Ensaar latas
C3090	Espera para intervenção

Causa Previstas (P)	
Cód. Mot.	Descrição Motivo
P100	Manutenção Preventiva
P101	Manutenção de 1º Escalão
P200	Setup - Mudança diâmetro / formato
P201	Setup - Mudança de altura
P202	Mudança (Folha, verniz, FN, CP, AG, TM)
P203	Mudança Paletizador
P400	Refecção
P401	Intervalo
P500	Produção de amostras
P501	Produção de amostras - ONE
P600	Ensaio
P601	Testes Laboratório

ANEXO C: Fichas de Registo (Checklists)

- Para o verificador de estanquidade

Projecto Aumento Eficiência Linha 27 - AER1

		Análise Paragens (Verificador de Estanquidade)
Data:	Turno:	
	Formato:	
Paragens:		
Latas entram mal nos pratos		
Fundos opados - saem da lata		
Encravamentos na estrela saída		
Falta rejeição		
Dessincronização na roseta entrada		

- Para a máquina de soldar/envernizamento exterior-interior/fornos

Projecto Aumento Eficiência Linha 27 - AER1

		Análise Paragens (Máquina de Soldar/Envernizamento Exterior-Interior/Fornos)
Data:	Turno:	
	Formato:	
Paragens:		
Purgar o sistema de envernizamento		
Problemas na aplicação do pó		
Encravamento Alimentador/Falta alimentação		
Encravamento Enroladeira - Folha entra mal		
Bloqueio Soldadura		
Encravamento módulo corrente/transporte ferramenta		
Fio partido - descarrilou		


- Para os transportadores

Projecto Aumento Eficiência Linha 27 - AER1

		Análise Paragens (Transportadores)
Data:	Turno:	
	Formato:	
Paragens:		
Latas caem à entrada da cravadeira		
Correias abrem à saída dos fornos		
Queda de latas		
Encravamento na saída fornos		
Encravamento no inversor entrada cravadeiras		
Encravamento elevador		


- Para o paletizador

Projecto Aumento Eficiência Linha 27 - AER1

		Análise Paragens (Paletizador)
Data:	Turno:	
	Formato:	
Paragens:		
Lata pára à entrada do divisor		
Lata cai à entrada do paletizador		
Palete encravada à entrada paletizador		
Lata tombada à entrada da máquina		
Separador mal colocado		
Problema na cabeça pequena - transação transportador para paletizador		

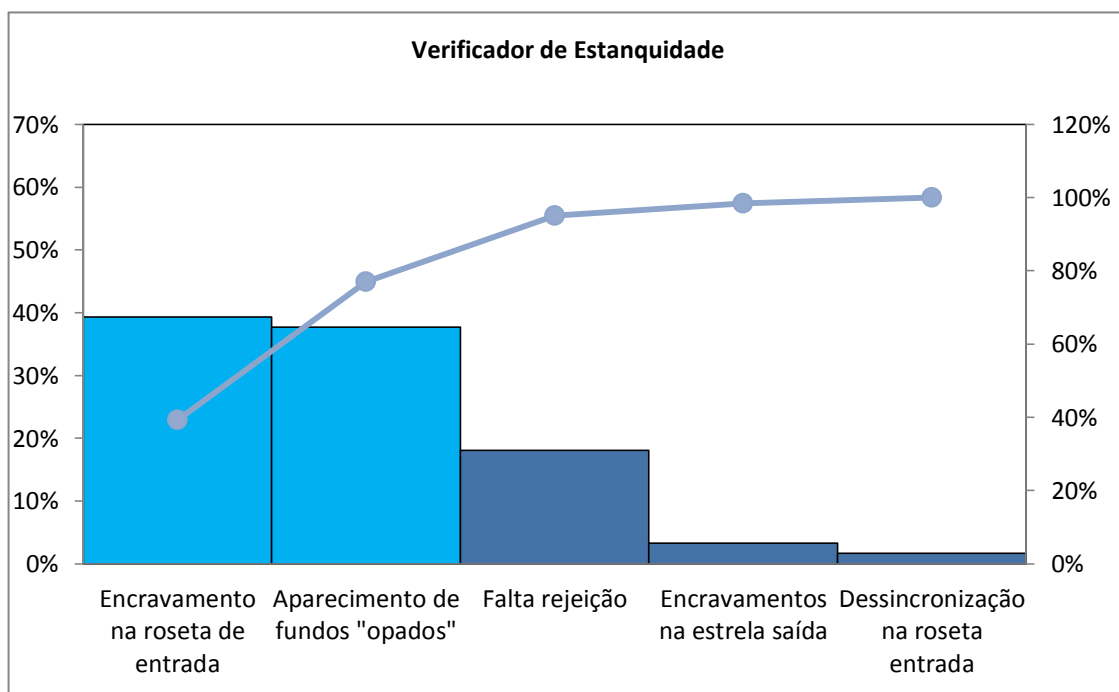
- Para a cravadeira

Projecto Aumento Eficiência Linha 27 - AER1

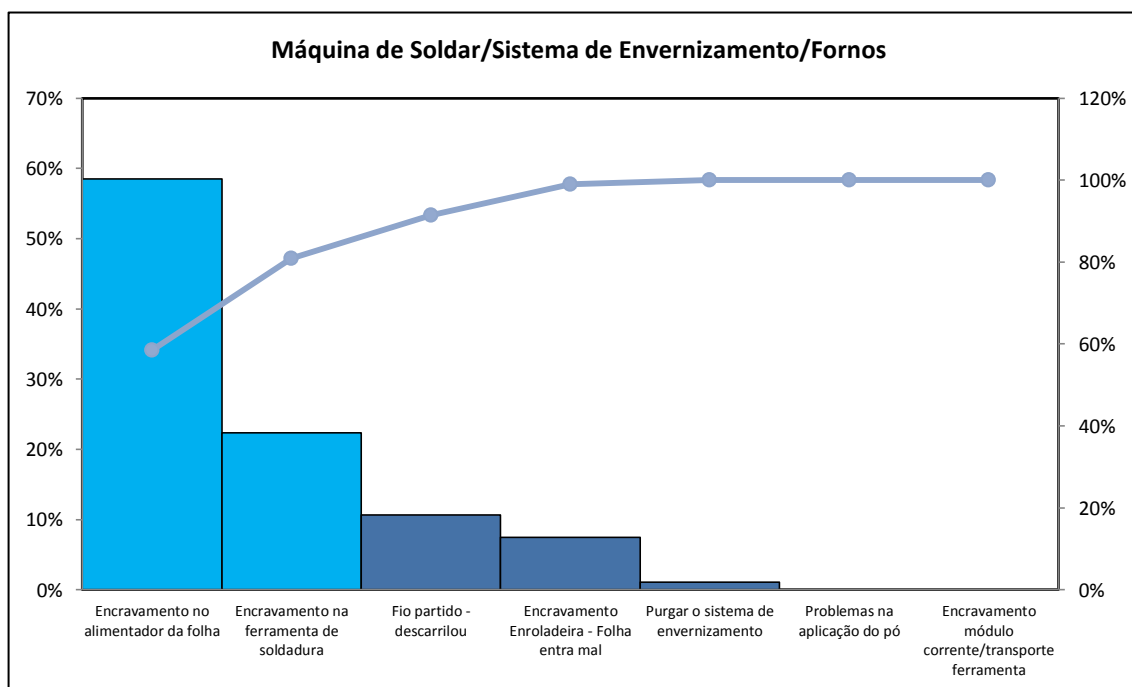
		Análise Paragens (Cravadeiras)	
Data:		Turno:	
		Formato:	
Paragens:			
Lata que entra mal na cravadeira			
Falha uma lata - Posição vazia - Paragem			
Encravamento - Queda cúpulas - Alimentador			
Encravamento - Queda fundos - Alimentador			
Linha cheia na paragem da máquina de testes - célula tem lata à frente e pára a linha			
Encravamento no flutuador/canal dos fundos			
Encravamento no flutuador/canal das cúpulas			
Encravamento transportador fundos			
Encravamento transportador cúpulas			
ERRO Auto-Check, alimentador cúpulas, célula não deteta			
Queda de fundos na curva			

ANEXO D: Diagramas de Pareto

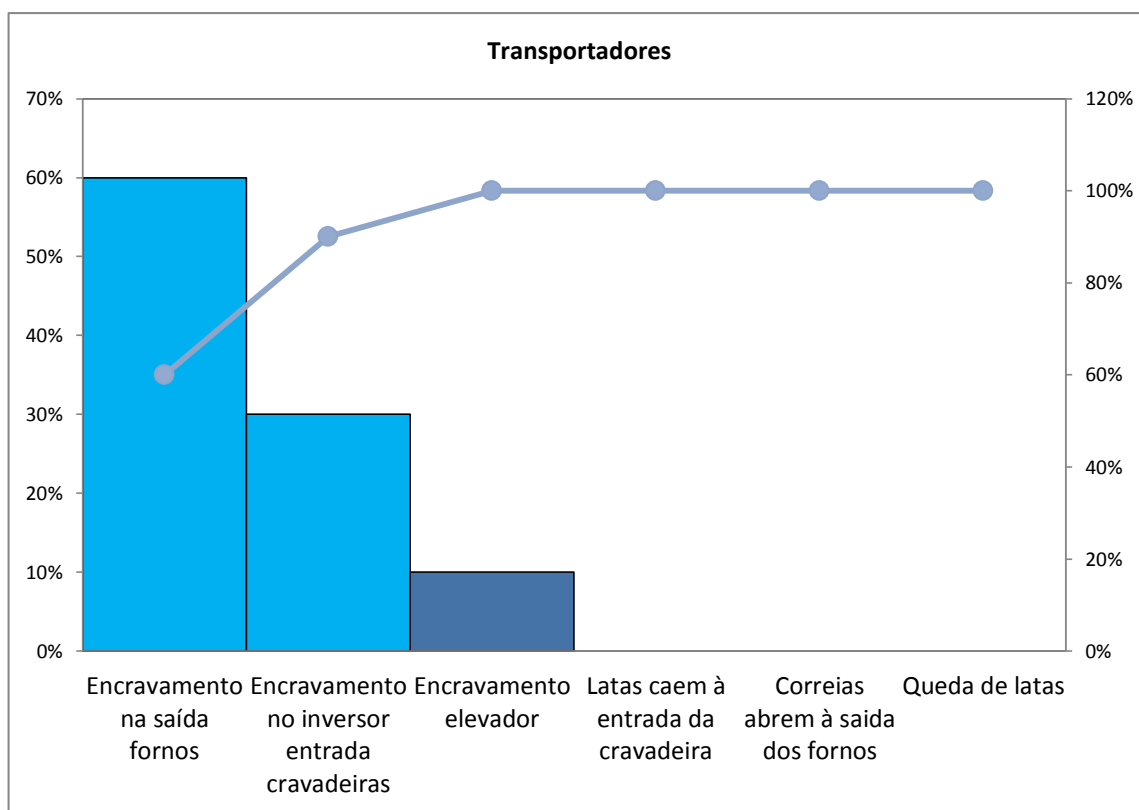
- Para o verificador de estanquidade



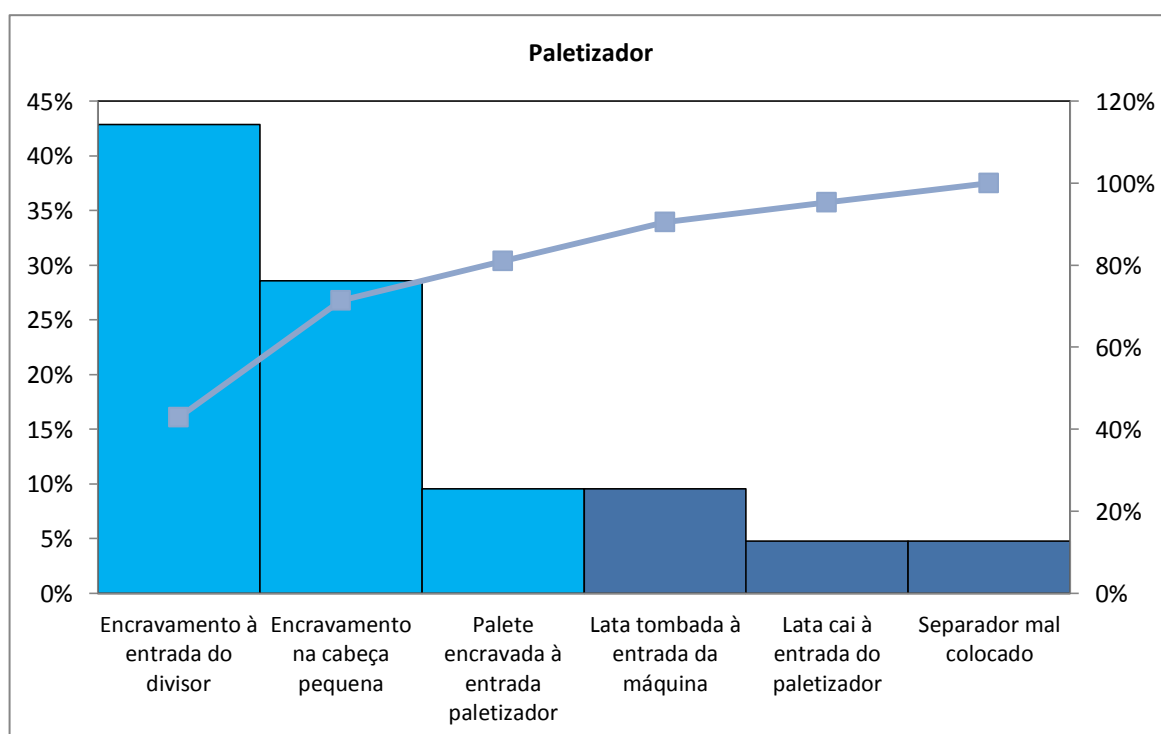
- Para a máquina de soldar/envernizamento exterior-interior/fornos



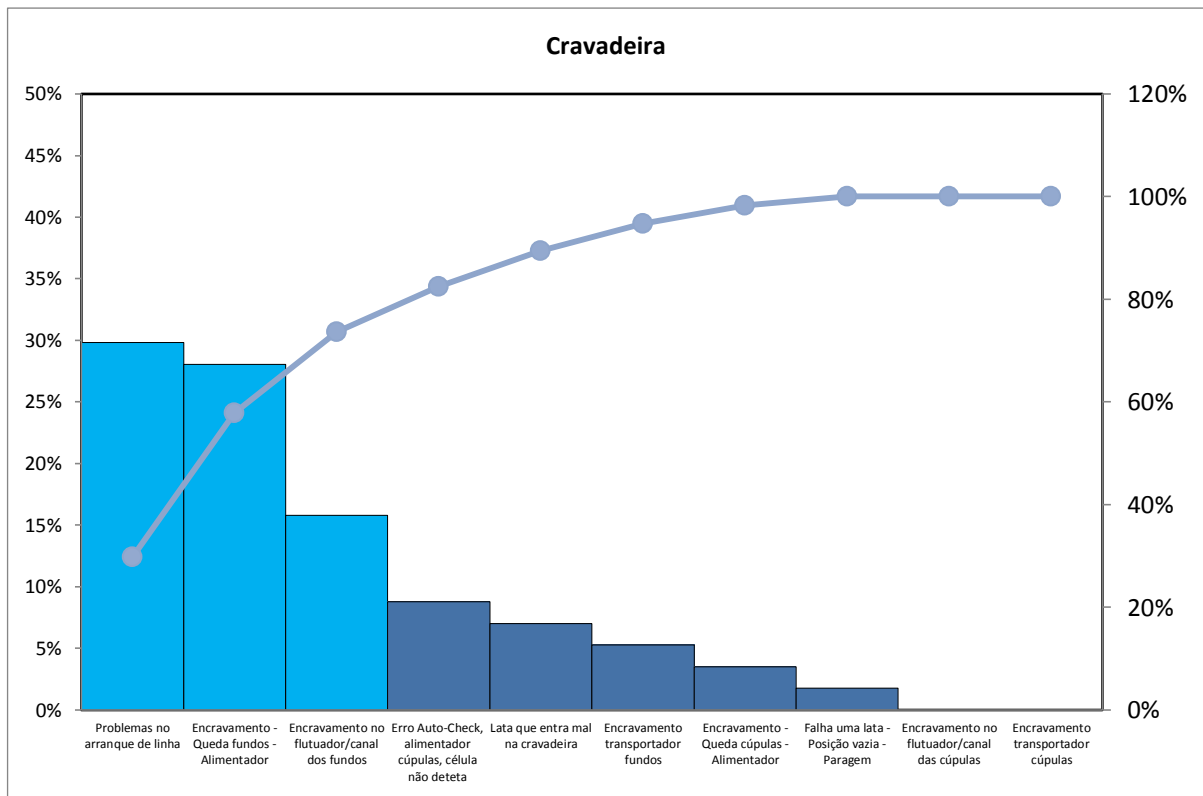
- Para os transportadores



- Para o paletizador



- Para a cravadeira



ANEXO E: Folhas de observação de mudança

Nota: As marcas azuis na coluna da classificação externa indicam as atividades possíveis de serem convertidas em externas.

- Para o *setup* dos transportadores (diâmetro 65 mm para 49 mm)

Operações de mudança de ferramenta		Tempo	Duração	Classificação		
#	Actividades observadas	h:min:seg	h:min:seg	Externa	Interna	Desperdício
1	Procurar ferramentas para iniciar	00:01:15	0:01:15	x	x	x
2	Desapertar guias (aperto 1)	00:01:20	0:00:05		x	
3	Ajustar largura das guias	00:01:25	0:00:05		x	
4	Apertar guias	00:01:32	0:00:07		x	
5	Deslocar lata para o próximo aperto	00:01:34	0:00:02		x	x
6	Desapertar guias (apertos 2,3 e 4)	00:01:42	0:00:08		x	
7	Ajustar largura das guias (aperto 2)	00:01:48	0:00:06		x	
8	Apertar guias (aperto 2)	00:01:58	0:00:10		x	
9	Deslocar lata para o próximo aperto	00:02:00	0:00:02		x	x
10	Ajustar largura das guias (aperto 3)	00:02:02	0:00:02		x	
11	Apertar guias (aperto 3 - um dos lados)	00:02:05	0:00:03		x	
12	Deslocar lata para o próximo aperto	00:02:07	0:00:02		x	x
13	Ajustar largura das guias (aperto 4)	00:02:11	0:00:04		x	
14	Apertar guias (aperto 3 - outro lado)	00:02:16	0:00:05		x	
15	Desapertar guias (apertos 5,6,7,8,9)	00:02:46	0:00:30		x	
16	Ajustar largura das guias (aperto 5)	00:02:48	0:00:02		x	
17	Apertar guias (aperto 5)	00:02:56	0:00:08		x	
18	Deslocar lata para o próximo aperto	00:02:59	0:00:03		x	x
19	Ajustar largura das guias (aperto 6)	00:03:01	0:00:02		x	
20	Apertar guias (aperto 6)	00:03:18	0:00:17		x	
21	Verificar se a lata passa nas guias	00:03:21	0:00:03		x	x
22	Deslocar lata para o próximo aperto	00:03:26	0:00:05		x	x
25	Apertar guias (aperto 7)	00:03:35	0:00:09		x	
26	Deslocar lata para o próximo aperto	00:03:39	0:00:04		x	x
27	Ajustar largura das guias (aperto 8)	00:03:41	0:00:02		x	
28	Apertar guias (aperto 8)	00:03:48	0:00:07		x	
29	Deslocar lata para o próximo aperto	00:03:51	0:00:03		x	x
30	Ajustar largura das guias (aperto 9)	00:03:57	0:00:06		x	
31	Apertar guias (aperto 9)	00:04:21	0:00:24		x	
32	Verificar se a lata passa nas guias	00:04:27	0:00:06		x	x
33	Deslocar lata para o próximo aperto	00:04:30	0:00:03		x	x
34	Desapertar guias (apertos 10)	00:04:34	0:00:04		x	
35	Apertar guias (aperto 10)	00:04:36	0:00:02		x	
36	Deslocar lata para o próximo aperto	00:04:38	0:00:02		x	x
37	Deslocar-se para ir buscar ferramentas	00:05:02	0:00:24	x	x	x
38	Ajustar largura das guias com volante (aperto 11)	00:05:23	0:00:21		x	
39	Deslocar lata para o próximo aperto	00:05:25	0:00:02		x	x
40	Ajustar largura das guias com volante (aperto 12)	00:05:35	0:00:10		x	
41	Deslocar lata para o próximo aperto	00:05:38	0:00:03		x	x
42	Ajustar largura das guias com volante (aperto 13)	00:05:53	0:00:15		x	
43	Deslocar lata para o próximo aperto	00:05:55	0:00:02		x	x

44	Ajustar largura das guias com volante (aperto 14)	00:06:05	0:00:10		x	
45	Deslocar lata para o próximo aperto	00:06:08	0:00:03		x	x
46	Afastar guias da roseta (aperto 15 - entrada roseta)	00:07:23	0:01:15		x	
47	Afastar guias da roseta (aperto 16 - saída roseta)	00:08:23	0:01:00		x	
48	Desapertar 1ª roseta superior (diam. 65)	00:08:33	0:00:10		x	
49	Retirar 1ª roseta superior (diam.65)	00:09:23	0:00:50		x	
50	Desapertar 2ª roseta inferior (diam. 65)	00:09:40	0:00:17		x	
51	Retirar 2ª roseta inferior (diam.65)	00:10:50	0:01:10		x	
52	Desapertar parafuso do suporte para as rosetas (diam.49)	00:11:07	0:00:17	x	x	
53	Retirar 1ª roseta superior (diam.49) e pousar no chão	00:11:13	0:00:06		x	
54	Posicionar 2ª roseta inferior (diam.49) no local	00:12:23	0:01:10		x	
55	Apertar 2ª roseta inferior (diam.49)	00:13:04	0:00:41		x	
56	Observar	00:13:17	0:00:13		x	x
57	Reapertar roseta	00:13:46	0:00:29		x	x
58	Posicionar 1ª roseta superior (diam.49)	00:14:41	0:00:55		x	
59	Apertar 1ª roseta superior (diam.49)	00:14:58	0:00:17		x	
60	Ajustar largura das guias com volante (aperto 16)	00:15:43	0:00:45		x	
61	Ajustar largura das guias com volante (aperto 15)	00:16:50	0:01:07		x	
62	Verificar se a lata passa nas guias (aperto 15)	00:16:52	0:00:02		x	x
63	Arrumar rosetas (diam. 65) no suporte	00:17:04	0:00:12	x	x	x
64	Apertar parafuso do suporte	00:17:14	0:00:10	x	x	x
65	Reajustar largura guias (aperto 16) c/ auxílio da lata	00:17:28	0:00:14		x	x
66	Deslocar lata para o próximo aperto	00:17:31	0:00:03		x	x
67	Ajustar largura das guias com volante (aperto 17)	00:17:55	0:00:24		x	
68	Deslocar lata para o próximo aperto	00:18:01	0:00:06		x	x
69	Ajustar largura das guias com volante (aperto 18)	00:18:26	0:00:25		x	
70	Verificar se a lata passa nas guias	00:18:28	0:00:02		x	x
71	Deslocar lata para o próximo aperto	00:18:31	0:00:03		x	x
72	Ajustar largura das guias com volante (aperto 19)	00:18:46	0:00:15		x	
73	Deslocar lata para o próximo aperto	00:18:49	0:00:03		x	x
74	Ajustar largura das guias com volante (aperto 20)	00:19:00	0:00:11		x	
75	Deslocar lata para o próximo aperto	00:19:04	0:00:04		x	x
76	Ajustar largura das guias com volante (aperto 21)	00:19:23	0:00:19		x	
77	Deslocar lata para o próximo aperto	00:19:25	0:00:02		x	x
78	Ajustar largura das guias com volante (aperto 22)	00:19:35	0:00:10		x	
79	Deslocar lata para o próximo aperto	00:19:40	0:00:05		x	x
80	Deslocar-se para ir buscar ferramentas	00:19:50	0:00:10	x	x	x
81	Ajustar largura das guias com volante (aperto 23)	00:20:10	0:00:20		x	
82	Verificar se a lata passa nas guias	00:20:12	0:00:02		x	x
83	Deslocar lata para o próximo aperto	00:20:15	0:00:03		x	x
84	Ajustar largura das guias com volante (aperto 24)	00:20:45	0:00:30		x	
85	Deslocar lata para o próximo aperto	00:20:48	0:00:03		x	x
86	Ajustar largura das guias com volante (aperto 25)	00:20:57	0:00:09		x	
87	Verificar se a lata passa nas guias	00:20:59	0:00:02		x	x
88	Deslocar lata para o próximo aperto	00:21:02	0:00:03		x	x
89	Ajustar largura das guias com volante (aperto 26)	00:21:24	0:00:22		x	
90	Verificar se a lata passa nas guias	00:21:26	0:00:02		x	x
91	Deslocar lata para o próximo aperto	00:21:29	0:00:03		x	x
92	Ajustar largura das guias com volante (aperto 27)	00:21:47	0:00:18		x	
93	Verificar se a lata passa nas guias	00:21:54	0:00:07		x	x
94	Deslocar lata para o próximo aperto	00:21:59	0:00:05		x	x
95	Ajustar largura das guias com volante (aperto 28)	00:22:20	0:00:21		x	
96	Verificar se a lata passa nas guias	00:22:22	0:00:02		x	x
97	Reajustar largura guias (aperto 28)	00:22:32	0:00:10		x	x

98	Deslocar lata para o próximo aperto	00:22:37	0:00:05		x	x
99	Ajustar largura das guias com volante (aperto 29)	00:22:50	0:00:13		x	
100	Verificar se a lata passa nas guias	00:22:55	0:00:05		x	x
101	Deslocar lata para o próximo aperto	00:23:04	0:00:09		x	x
102	Ajustar largura das guias com volante (aperto 30)	00:23:20	0:00:16		x	
103	Verificar se a lata passa nas guias	00:23:25	0:00:05		x	x
104	Reajustar largura guias (aperto 30)	00:23:27	0:00:02		x	x
105	Deslocar lata para o próximo aperto	00:23:30	0:00:03		x	x
106	Ajustar largura das guias com volante (aperto 31)	00:23:37	0:00:07		x	
107	Reajustar largura guias (aperto 31) c/ auxílio da lata	00:23:45	0:00:08		x	x
108	Deslocar lata para o próximo aperto	00:23:50	0:00:05		x	x
109	Ajustar largura das guias com volante (aperto 32)	00:23:59	0:00:09		x	
110	Deslocar lata para o próximo aperto	00:24:04	0:00:05		x	x
111	Ajustar largura das guias com volante (aperto 33)	00:24:24	0:00:20		x	
112	Deslocar lata para o próximo aperto	00:24:26	0:00:02		x	x
113	Ajustar largura das guias com volante (aperto 34)	00:24:51	0:00:25		x	
114	Verificar se a lata passa nas guias	00:25:11	0:00:20		x	x
115	Desapertar parafuso do suporte para as rosetas (diam.49)	00:25:26	0:00:15	x	x	x
116	Retirar rosetas (diam.49) do suporte	00:25:32	0:00:06	x	x	
117	Deslocar-se para ir buscar ferramentas	00:26:08	0:00:36	x	x	x
118	Desapertar 1ª roseta superior (diam. 65)	00:26:18	0:00:10		x	
119	Observar	00:26:31	0:00:13		x	x
120	Deslocar-se novamente para trocar a ferramenta escolhida	00:27:11	0:00:40	x	x	x
121	Desapertar motor do suporte	00:27:35	0:00:24		x	
122	Deslocar motor	00:27:37	0:00:02		x	
123	Desapertar 1ª roseta superior (diam.65)	00:27:43	0:00:06		x	
124	Arrumar 1ª roseta superior (diam.65) no suporte	00:27:47	0:00:04	x	x	x
125	Desapertar 2ª roseta inferior (diam. 65)	00:28:03	0:00:16		x	
126	Retirar 2ª roseta inferior (diam.65)	00:28:22	0:00:19		x	
127	Arrumar 2ª roseta inferior (diam.65) no suporte	00:28:29	0:00:07	x	x	x
128	Apertar parafuso do suporte (diam. 65)	00:29:15	0:00:46	x	x	x
129	Posicionar 2ª roseta inferior (diam.49) no local	00:29:57	0:00:42		x	
130	Apertar 2ª roseta inferior (diam.49)	00:30:17	0:00:20		x	
131	Posicionar 1ª roseta superior (diam.49) no local	00:30:31	0:00:14		x	
132	Deslocar motor	00:30:41	0:00:10		x	
133	Apertar 1ª roseta superior (diam.49)	00:30:57	0:00:16		x	
134	Verificar se a lata passa na roseta	00:31:03	0:00:06		x	x
135	Deslocar lata para o próximo aperto	00:31:05	0:00:02		x	x
136	Ajustar largura das guias com volante (aperto 35)	00:31:11	0:00:06		x	
137	Verificar se a lata passa nas guias	00:31:13	0:00:02		x	x
138	Reajustar largura guias (aperto 35)	00:31:17	0:00:04		x	x
139	Deslocar lata para o próximo aperto	00:31:20	0:00:03		x	x
140	Ajustar largura das guias com volante (aperto 36)	00:31:31	0:00:11		x	
141	Verificar se a lata passa nas guias	00:31:33	0:00:02		x	x
142	Deslocar lata para o próximo aperto	00:31:35	0:00:02		x	x
143	Ajustar largura das guias com volante (aperto 37)	00:31:58	0:00:23		x	
144	Verificar se a lata passa nas guias	00:32:00	0:00:02		x	x
145	Deslocar lata para o próximo aperto	00:32:03	0:00:03		x	x
146	Ajustar largura das guias com volante (aperto 38)	00:32:13	0:00:10		x	
147	Deslocar lata para o próximo aperto	00:32:16	0:00:03		x	x
148	Ajustar largura das guias com volante (aperto 39) c/ auxílio da lata	00:32:36	0:00:20		x	
149	Deslocar lata para o próximo aperto	00:32:39	0:00:03		x	x
150	Ajustar largura das guias com volante (aperto 40)	00:32:56	0:00:17		x	
151	Deslocar lata para o próximo aperto	00:32:58	0:00:02		x	x

152	Ajustar largura das guias com volante (aperto 41)	00:33:24	0:00:26		x	
153	Deslocar lata para o próximo aperto	00:33:27	0:00:03		x	x
154	Ajustar largura das guias com volante (aperto 42)	00:33:37	0:00:10		x	
155	Deslocar lata para o próximo aperto	00:33:41	0:00:04		x	x
156	Ajustar largura das guias com volante (aperto 43)	00:33:55	0:00:14		x	
157	Deslocar-se para ir buscar ferramentas	00:34:09	0:00:14	x	x	x
158	Observar	00:34:19	0:00:10		x	x
159	Deslocar-se para ir buscar outras ferramentas	00:34:38	0:00:19	x	x	x
160	Desapertar guia que se encontra entre as rosetas	00:34:52	0:00:14		x	
161	Retirar guia	00:34:57	0:00:05		x	
162	Deslocar-se para o outro lado da roseta	00:35:09	0:00:12		x	x
163	Desapertar a outra guia que se encontra entre as rosetas	00:35:29	0:00:20		x	
164	Pegar em outra ferramenta	00:35:35	0:00:06	x	x	x
165	Desapertar 1ª roseta superior (diam.65)	00:35:51	0:00:16		x	
166	Pousar 1ª roseta superior (diam.65) no chão	00:36:01	0:00:10		x	
167	Desapertar 2ª roseta superior (diam. 65)	00:36:19	0:00:18		x	
168	Pousar 2ª roseta inferior (diam.65) no chão	00:36:26	0:00:07		x	
169	Desapertar parafuso do suporte para as rosetas (diam.49)	00:36:39	0:00:13	x	x	
170	Retirar 1ª roseta superior (diam.49) do suporte	00:36:48	0:00:09	x	x	
171	Retirar 2ª roseta inferior (diam.49) do suporte	00:36:51	0:00:03	x	x	
172	Posicionar 2ª roseta inferior (diam.49) no local	00:37:41	0:00:50		x	
173	Apertar 2ª roseta inferior (diam.49)	00:37:56	0:00:15		x	
174	Posicionar 1ª roseta superior (diam.49) no local	00:38:30	0:00:34		x	
175	Apertar 1ª roseta superior (diam.49)	00:38:51	0:00:21		x	
176	Retirar novamente 1ª roseta superior	00:38:56	0:00:05		x	x
177	Observar	00:39:03	0:00:07		x	x
178	Apertar guia que se encontra entre as rosetas	00:39:25	0:00:22		x	
179	Reposicionar 1ª roseta superior (diam.49) no local	00:39:43	0:00:18		x	x
180	Reapertar 1ª roseta superior (diam.49)	00:41:33	0:01:50		x	x
181	Ajustar largura das guias com volante (aperto 44 - entrada da roseta)	00:41:55	0:00:22		x	
182	Verificar se a lata passa na roseta	00:42:03	0:00:08		x	x
183	Ajustar largura das guias com volante (aperto 45 - saída da roseta)	00:42:23	0:00:20		x	
184	Verificar se a lata passa nas guias	00:42:28	0:00:05		x	x
185	Arrumar rosetas (diam. 65) no suporte	00:42:43	0:00:15	x	x	x
186	Apertar parafuso do suporte	00:43:03	0:00:20	x	x	x
187	Deslocar lata para o próximo aperto	00:43:05	0:00:02		x	x
188	Ajustar largura das guias com volante (aperto 46)	00:43:25	0:00:20		x	
189	Deslocar lata para o próximo aperto	00:43:27	0:00:02		x	x
190	Ajustar largura das guias com volante (aperto 47)	00:43:44	0:00:17		x	
191	Deslocar lata para o próximo aperto	00:43:48	0:00:04		x	x
192	Ajustar largura das guias com volante (aperto 48)	00:43:58	0:00:10		x	
193	Deslocar lata para o próximo aperto	00:44:03	0:00:05		x	x
194	Ajustar largura das guias com volante (aperto 49)	00:44:18	0:00:15		x	
195	Deslocar lata para o próximo aperto	00:44:27	0:00:09		x	x
196	Ajustar largura das guias com volante (aperto 50)	00:44:42	0:00:15		x	
197	Deslocar lata para o próximo aperto	00:45:01	0:00:19		x	x
198	Ajustar largura das guias com volante (aperto 51)	00:45:17	0:00:16		x	
199	Desmontar inversor	00:45:57	0:00:40		x	
200	Deslocar lata para o próximo aperto	00:46:01	0:00:04		x	x
201	Ajustar largura das guias com volante (aperto 52)	00:46:16	0:00:15		x	
202	Deslocar-se para ir buscar ferramentas	00:46:45	0:00:29	x	x	x
203	Ajustar guias à entrada da cravadeira (por parafusos)	00:47:22	0:00:37		x	
204	Verificar se a lata passa nas guias	00:47:29	0:00:07		x	x

205	Afastar uma das portas da cravadeira	00:47:34	0:00:05		x	x
206	Reajustar guias à entrada da cravadeira	00:47:52	0:00:18		x	x
207	Desmontar os equips. que estavam a impedir o fecho de uma das portas (tomada aspirador)	00:49:10	0:01:18		x	x
208	Abrir uma das portas da cravadeira para setup dos transps. Interiores	00:50:10	0:01:00		x	x
209	Deslocar-se para ir buscar ferramentas	00:50:55	0:00:45	x	x	x
210	Mudar os transportadores no interior da cravadeira	00:55:55	0:05:00		x	
211	Deslocar a lata para o próximo aperto (primeiro à saída da cravadeira)	00:55:58	0:00:03		x	x
212	Ajustar largura das guias (aperto 53)	00:56:02	0:00:04		x	
213	Deslocar lata para o próximo aperto	00:56:12	0:00:10		x	x
214	Ajustar largura das guias (aperto 54)	00:56:16	0:00:04		x	
215	Verificar se a lata passa nas guias	00:56:20	0:00:04		x	x
216	Deslocar lata para o próximo aperto	00:56:28	0:00:08		x	x
217	Ajustar largura das guias (aperto 55)	00:56:33	0:00:05		x	
218	Deslocar lata para o próximo aperto	00:56:36	0:00:03		x	x
219	Ajustar largura das guias (aperto 56)	00:56:45	0:00:09		x	
220	Deslocar lata para o próximo aperto	00:56:55	0:00:10		x	x
221	Ajustar largura das guias (aperto 57)	00:57:00	0:00:05		x	
222	Deslocar lata para o próximo aperto	00:57:05	0:00:05		x	x
223	Ajustar largura das guias (aperto 58)	00:57:17	0:00:12		x	
224	Afastar guias da roseta (aperto 59 - entrada) - desapertar parafusos c/ chave	00:58:03	0:00:46		x	
225	Desapertar aperto 58 p/ facilitar o afastamento das guias	00:58:07	0:00:04		x	
226	Afastar as guias à entrada da roseta	00:58:33	0:00:26		x	
227	Afastar guias da roseta (aperto 60 - saída)	00:58:41	0:00:08		x	
228	Deslocar-se para o lado de fora dos transportadores para facilitar a desmontagem	00:59:31	0:00:50		x	x
229	Desapertar 1ª roseta superior (diam.65)	01:00:00	0:00:29		x	
230	Pousar 1ª roseta superior (diam.65) no chão	01:00:12	0:00:12		x	
231	Desapertar 2ª roseta inferior (diam. 65)	01:00:21	0:00:09		x	
232	Pousar 2ª roseta inferior (diam.65) no chão	01:00:45	0:00:24		x	
233	Desapertar parafuso do suporte para as rosetas (diam.49)	01:00:59	0:00:14		x	
234	Retirar 1ª roseta superior (diam.49) do suporte	01:01:03	0:00:04	x	x	
235	Retirar 2ª roseta inferior (diam.49) do suporte	01:01:05	0:00:02	x	x	
236	Posicionar 2ª roseta inferior (diam.49) no suporte	01:01:33	0:00:28		x	
237	Apertar 2ª roseta inferior (diam.49)	01:02:05	0:00:32		x	
238	Posicionar novamente 1ª roseta superior (diam.49) no local	01:02:23	0:00:18		x	
239	Apertar 1ª roseta superior (diam.49)	01:03:13	0:00:50		x	
240	Observar	01:03:21	0:00:08		x	x
241	Arrumar 1ª roseta superior (diam.65) no suporte	01:03:24	0:00:03	x	x	x
242	Arrumar 2ª roseta inferior (diam.65) no suporte	01:03:28	0:00:04	x	x	x
243	Apertar parafuso do suporte (diam. 65)	01:03:38	0:00:10	x	x	x
244	Deslocar-se para a zona da entrada da roseta	01:03:50	0:00:12		x	x
245	Colocar lata na zona do aperto 58	01:03:54	0:00:04		x	x
246	Ajustar largura das guias (aperto 58)	01:04:04	0:00:10		x	
247	Deslocar lata para o próximo aperto	01:04:06	0:00:02		x	x
248	Ajustar largura das guias (aperto 59)	01:04:35	0:00:29		x	
249	Verificar se a lata passa nas rosetas	01:04:47	0:00:12		x	x
250	Deslocar a lata para zona do aperto 60	01:04:50	0:00:03		x	x
251	Ajustar largura das guias (aperto 60)	01:05:18	0:00:28		x	
252	Verificar se a lata passa nas guias	01:05:25	0:00:07		x	x
253	Deslocar a lata para o próximo aperto	01:05:27	0:00:02		x	x
254	Desapertar aperto 61	01:05:29	0:00:02		x	
255	Desapertar aperto 62	01:05:31	0:00:02		x	
256	Ajustar largura das guias (aperto 61)	01:05:35	0:00:04		x	

257	Ajustar largura das guias (aperto 62)	01:05:39	0:00:04		x	
258	Deslocar lata para a zona do aperto 62	01:05:43	0:00:04		x	x
259	Desapertar aperto 63	01:05:53	0:00:10		x	
260	Desapertar aperto 64	01:06:03	0:00:10		x	
261	Desapertar aperto 65	01:06:05	0:00:02		x	
262	Ajustar largura das guias (aperto 63)	01:06:15	0:00:10		x	
263	Verificar se a lata passa nas guias	01:06:19	0:00:04		x	x
264	Reajustar largura guias (aperto 62)	01:06:24	0:00:05		x	x
265	Reajustar largura guias (aperto 61)	01:06:32	0:00:08		x	x
266	Verificar se a lata passa nas guias	01:06:38	0:00:06		x	x
267	Reajustar largura guias (aperto 61)	01:06:46	0:00:08		x	x
268	Verificar se a lata passa nas guias	01:06:52	0:00:06		x	x
269	Ajustar largura guias (aperto 64)	01:07:00	0:00:08		x	x
270	Deslocar lata para o próximo aperto	01:07:03	0:00:03		x	x
271	Desapertar aperto 66	01:07:06	0:00:03		x	
272	Ajustar largura guias (aperto 65)	01:07:16	0:00:10		x	
273	Verificar se a lata passa nas guias	01:07:21	0:00:05		x	x
274	Ajustar largura guias (aperto 66)	01:07:28	0:00:07		x	
275	Verificar se a lata passa nas guias	01:07:33	0:00:05		x	x
276	Desapertar aperto 67	01:07:37	0:00:04		x	
277	Desapertar aperto 68	01:07:43	0:00:06		x	
278	Desapertar aperto 69	01:07:46	0:00:03		x	
279	Ajustar largura guias (aperto 67)	01:07:56	0:00:10		x	
280	Deslocar lata para a zona do aperto 68	01:07:59	0:00:03		x	x
281	Ajustar largura guias (aperto 68)	01:08:06	0:00:07		x	
282	Deslocar lata para a zona do aperto 69	01:08:09	0:00:03		x	x
283	Ajustar largura guias (aperto 69)	01:08:19	0:00:10		x	
284	Deslocar lata para a zona do aperto 70	01:08:29	0:00:10		x	x
285	Ajustar largura guias (aperto 70)	01:08:39	0:00:10		x	
286	Deslocar lata para a zona do aperto 71	01:08:48	0:00:09		x	x
287	Desapertar aperto 71	01:08:50	0:00:02		x	
288	Desapertar aperto 72	01:08:52	0:00:02		x	
289	Ajustar largura guias (aperto 71)	01:08:59	0:00:07		x	
290	Verificar se a lata passa nas guias	01:09:12	0:00:13		x	x
291	Ajustar largura guias (aperto 72)	01:09:17	0:00:05		x	
292	Verificar se a lata passa nas guias	01:09:21	0:00:04		x	x
293	Deslocar-se para o lado de dentro da linha (p/ junto da máquina de testes)	01:10:11	0:00:50		x	x
294	Deslocar-se para pegar na lata	01:10:18	0:00:07		x	x
295	Deslocar a lata para as guias transportadoras da máq. de testes	01:10:33	0:00:15		x	x
296	Afastar guias transportadoras do interior da máquina de testes	01:10:50	0:00:17		x	
297	Entrar para o interior da máquina de testes	01:11:06	0:00:16		x	x
298	Colocar novamente a lata nas guias	01:11:10	0:00:04		x	x
299	Ajustar largura das guias (aperto 73 - último antes da máquina de teste)	01:11:22	0:00:12		x	
300	Reajustar as guias no interior c/ o auxílio da lata	01:11:50	0:00:28		x	x
301	Desapertar apertos 74	01:11:54	0:00:04		x	
302	Deslocar-se para o aperto seguinte	01:12:02	0:00:08		x	x
303	Desapertar apertos 75	01:12:04	0:00:02		x	
304	Desapertar apertos 76	01:12:07	0:00:03		x	
305	Deslocar-se para o aperto seguinte	01:12:15	0:00:08		x	x
306	Ajustar largura das guias (aperto 74) c/ auxílio da lata	01:12:34	0:00:19		x	
307	Deslocar-se para o aperto seguinte	01:12:43	0:00:09		x	x
308	Ajustar largura das guias (aperto 75) c/ auxílio da lata	01:12:54	0:00:11		x	
309	Deslocar-se para o aperto seguinte	01:13:04	0:00:10		x	x

310	Ajustar largura das guias (aperto 76) c/ auxílio da lata	01:13:18	0:00:14		x	
311	Deslocar-se para o aperto seguinte	01:13:22	0:00:04		x	x
312	Ajustar largura das guias (aperto 77 c/ auxílio da lata	01:13:32	0:00:10		x	
313	Deslocar lata para o próximo aperto	01:13:35	0:00:03		x	x
314	Ajustar largura das guias (aperto 78 c/ auxílio da lata	01:13:42	0:00:07		x	
315	Deslocar lata para o próximo aperto	01:13:48	0:00:06		x	x
316	Ajustar largura das guias (aperto 79)	01:13:53	0:00:05		x	
317	Verificar se a lata passa nas guias	01:13:56	0:00:03		x	x
318	Deslocar-se para ir buscar ferramentas	01:14:36	0:00:40	x	x	x
319	Afastar guias da roseta (aperto 80 - entrada roseta)	01:14:41	0:00:05		x	
320	Deslocar-se para o outro lado da roseta	01:14:47	0:00:06		x	x
321	Afastar guias da roseta (aperto 82 - saída roseta)	01:14:57	0:00:10		x	
322	Desapertar 1ª roseta superior (diam.65)	01:15:10	0:00:13		x	
323	Pousar 1ª roseta superior (diam.65) no chão	01:15:18	0:00:08		x	
324	Desapertar 2ª roseta inferior (diam. 65)	01:15:22	0:00:04		x	
325	Pousar 2ª roseta superior (diam.65) no chão	01:15:32	0:00:10		x	
326	Desapertar parafuso do suporte para as rosetas (diam.49)	01:15:41	0:00:09	x	x	
327	Retirar 1ª roseta superior (diam.49) do suporte	01:15:44	0:00:03	x	x	
328	Retirar 2ª roseta inferior (diam.49) de suporte	01:15:51	0:00:07	x	x	
329	Posicionar 2ª roseta inferior (diam.49) no local	01:16:23	0:00:32		x	
330	Apertar 2ª roseta inferior (diam.49)	01:16:52	0:00:29		x	
331	Posicionar 1ª roseta superior (diam.49) no local	01:17:28	0:00:36		x	
332	Apertar 1ª roseta superior (diam.49)	01:17:44	0:00:16		x	
333	Arrumar 1ª roseta superior (diam.65) no suporte	01:17:54	0:00:10	x	x	x
334	Arrumar 2ª roseta inferior (diam.65) no suporte	01:18:00	0:00:06	x	x	x
335	Apertar parafuso do suporte	01:18:15	0:00:15	x	x	x
336	Arrumar peça que caiu do cesto que se encontra acima do suporte	01:18:26	0:00:11	x	x	x
337	Deslocar lata para o aperto 83	01:18:34	0:00:08		x	x
338	Ajustar largura das guias (aperto 83)	01:18:45	0:00:11		x	
339	Deslocar lata para o aperto 82	01:18:48	0:00:03		x	x
340	Ajustar largura das guias (aperto 82)	01:18:57	0:00:09		x	
341	Verificar novamente se a lata passa nas guias	01:19:02	0:00:05		x	x
342	Reajustar largura das guias (aperto 82)	01:19:23	0:00:21		x	x
343	Verificar se a lata passa na roseta (zona do aperto 80)	01:19:30	0:00:07		x	x
344	Reajustar largura das guias (aperto 80 e 81 (o que se encontra no meio))	01:21:00	0:01:30		x	x
345	Deslocar-se para mudar o aperto 84	01:21:20	0:00:20		x	x
346	Desapertar apertos 84 e 85	01:21:28	0:00:08		x	
347	Reajustar largura das guias (apertos 84)	01:21:32	0:00:04		x	x
348	Deslocar lata para o próximo aperto	01:21:34	0:00:02		x	x
349	Deslocar-se	01:21:42	0:00:08		x	x
350	Desapertar aperto 86 e 87	01:21:48	0:00:06		x	
351	Reajustar largura das guias (apertos 85, 86 e 87)	01:22:38	0:00:50		x	x
352	Deslocar lata para o próximo aperto	01:22:41	0:00:03		x	x
353	Ajustar largura das guias (aperto 88)	01:22:51	0:00:10		x	
354	Deslocar lata para o próximo aperto - guias verticais (zona de descida)	01:22:56	0:00:05		x	x
355	Ajustar largura das guias (aperto 89)	01:23:29	0:00:33		x	
356	Deslocar-se para cima de transportadores para mudar transps. Superiores	01:23:49	0:00:20		x	x
357	Ajustar largura das guias superiores (apertos 90, 91 e 92) c/ auxílio da lata	01:24:57	0:01:08		x	
358	Ajustar largura das guias superiores (apertos 93, 94) c/ auxílio da lata	01:25:49	0:00:52		x	
359	Ajustar largura das guias (apertos 95, 96, 97) c/ auxílio da lata	01:26:49	0:01:00		x	
360	Deslocar-se para ir buscar as escadas	01:27:19	0:00:30	x	x	x

361	Subir as escadas	01:27:26	0:00:07		x	x
362	Ajustar largura das guias (apertos 96, 97) c/ auxílio da lata	01:28:26	0:01:00		x	
363	Descer as escadas	01:28:34	0:00:08		x	x
364	Deslocar as escadas	01:28:40	0:00:06		x	x
365	Subir as escadas	01:28:48	0:00:08		x	x
366	Ajustar largura das guias (apertos 98, 99) c/ auxílio da lata	01:29:17	0:00:29		x	
367	Descer as escadas	01:29:25	0:00:08		x	x
368	Deslocar as escadas	01:29:32	0:00:07		x	x
369	Subir as escadas	01:29:38	0:00:06		x	x
370	Ajustar largura das guias (apertos 100, 101) c/ auxílio da lata	01:30:04	0:00:26		x	
371	Descer as escadas	01:30:07	0:00:03		x	x
372	Deslocar as escadas	01:30:11	0:00:04		x	x
373	Subir as escadas	01:30:14	0:00:03		x	x
374	Ajustar largura das guias (apertos 101, 102, 103, 104, 105, 106) c/ auxílio da lata	01:31:45	0:01:31		x	
375	Deslocar-se	01:32:05	0:00:20		x	x
376	Ajustar largura das guias (apertos 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114) c/ auxílio da lata	01:33:50	0:01:45		x	
377	Deslocar-se para ir buscar as escadas	01:34:50	0:01:00		x	x
378	Subir as escadas	01:34:55	0:00:05		x	x
379	Ajustar largura das guias (apertos 115, 116, 117) c/ auxílio da lata	01:35:22	0:00:27		x	
380	Descer as escadas	01:35:26	0:00:04		x	x
381	Deslocar as escadas	01:35:32	0:00:06		x	x
382	Subir as escadas	01:35:36	0:00:04		x	x
383	Ajustar largura das guias (apertos 118, 119, 120) c/ auxílio da lata	01:37:08	0:01:32		x	
384	Descer as escadas	01:37:13	0:00:05		x	x
385	Deslocar as escadas	01:37:19	0:00:06		x	x
386	Subir as escadas	01:37:23	0:00:04		x	x
387	Ajustar largura das guias (apertos 121, 122, 123) c/ auxílio da lata	01:37:58	0:00:35		x	
388	Descer as escadas	01:38:01	0:00:03		x	x
389	Deslocar as escadas	01:38:07	0:00:06		x	x
390	Subir as escadas	01:38:15	0:00:08		x	x
391	Ajustar largura das guias (apertos 124, 125, 126, 127, 128) c/ auxílio da lata	01:39:20	0:01:05		x	
392	Descer as escadas	01:39:35	0:00:15		x	x
393	Deslocar-se para ir buscar ferramentas	01:40:50	0:01:15	x	x	x
394	Ajustar as guias do divisor (aperto p/ parafusos)	01:45:39	0:04:49		x	
395	Deslocar-se para a zona de carregamento dos fundos e cúpulas	01:46:19	0:00:40		x	x
396	Alimentar fundos	01:48:19	0:02:00		x	
397	Deslocar-se para ir buscar escadas	01:49:19	0:01:00		x	x
398	Ajustar a altura das guias (1ª curva) no transportador dos fundos	01:51:19	0:02:00		x	
399	Carregar no botão para os fundos subirem	01:51:22	0:00:03		x	x
400	Alimentar fundos	01:54:02	0:02:40		x	
401	Subir as escadas	01:54:05	0:00:03		x	x
402	Ajustar a altura das guias (2ª curva) no transportador dos fundos	01:55:35	0:01:30		x	
403	Descer as escadas	01:55:38	0:00:03		x	x
404	Deslocar o carrinho das ferramentas da cravadeira p/ ter mais espaço	01:55:54	0:00:16	x	x	x
405	Deslocar as escadas p/ mudar as guias superiores	01:56:14	0:00:20		x	x
406	Subir as escadas	01:56:18	0:00:04		x	x
407	Ajustar a largura das guias nos transportador dos fundos e das cúpulas	01:56:41	0:00:23		x	
408	Descer as escadas	01:56:43	0:00:02		x	x
409	Deslocar as escadas	01:56:48	0:00:05		x	x

410	Subir as escadas	01:56:51	0:00:03		x	x
411	Ajustar a largura das guias nos transportador dos fundos e das cúpulas	01:57:17	0:00:26		x	
412	Descer as escadas	01:57:22	0:00:05		x	x
413	Deslocar as escadas	01:57:30	0:00:08		x	x
414	Subir as escadas	01:57:37	0:00:07		x	x
415	Ajustar a largura das guias nos transportador dos fundos e das cúpulas	01:58:47	0:01:10		x	
416	Descer as escadas	01:58:51	0:00:04		x	x
417	Deslocar as escadas	01:59:00	0:00:09		x	x
418	Subir as escadas	01:59:05	0:00:05		x	x
419	Ajustar a largura das guias nos transportador dos fundos e das cúpulas	02:00:05	0:01:00		x	
420	Deslocar-se para a zona de carregamento dos fundos e cúpulas	02:00:20	0:00:15		x	x
421	Alimentar cúpulas	02:01:15	0:00:55		x	
422	Deslocar-se para ir buscar ferramenta	02:01:20	0:00:05	x	x	x
423	Ajustar a altura das guias (1ª curva) no transportador das cúpulas	02:02:53	0:01:33		x	
424	Carregar no botão para as cúpulas subirem	02:02:59	0:00:06		x	x
425	Alimentar cúpulas	02:05:18	0:02:19		x	
426	Deslocar-se	02:05:38	0:00:20		x	x
427	Ajustar a largura das guias nos transp. dos fundos e das cúpulas (entrada cravadeira)	02:06:56	0:01:18		x	
428	Deslocar-se	02:07:11	0:00:15		x	x
429	Reajustar largura das guias no transportador de cúpulas	02:07:33	0:00:22		x	x
430	Descer as escadas	02:07:39	0:00:06		x	x
431	Deslocar as escadas	02:07:45	0:00:06		x	x
432	Subir as escadas	02:07:49	0:00:04		x	x
433	Reajustar largura das guias no transportador de cúpulas (entrada cravadeira)	02:08:08	0:00:19		x	x
434	Descer as escadas	02:08:11	0:00:03		x	x
435	Deslocar-se	02:08:21	0:00:10		x	x
436	Alimentar cúpulas	02:09:15	0:00:54		x	
437	Observar	02:10:15	0:01:00		x	x
438	Alimentar cúpulas	02:10:58	0:00:43		x	
439	Carregar no botão	02:11:04	0:00:06		x	x
440	Observar	02:11:25	0:00:21		x	x
441	Carregar no botão	02:11:31	0:00:06		x	x
442	Deslocar-se	02:11:51	0:00:20		x	x
443	Reajustar largura das guias no transportador de cúpulas	02:12:39	0:00:48		x	x
444	Descer as escadas	02:12:43	0:00:04		x	x
445	Deslocar-se	02:13:03	0:00:20		x	x
446	Alimentar cúpulas	02:14:03	0:01:00		x	
447	Carregar no botão	02:14:07	0:00:04		x	x
448	Observar	02:14:47	0:00:40		x	x
449	Carregar no botão	02:14:52	0:00:05		x	x
450	Ajustar a altura das guias (2ª curva) no transportador das cúpulas	02:17:22	0:02:30		x	
451	Ajustar todas as outras guias no transportador das cúpulas	02:27:22	0:10:00		x	

- Para o *setup* do verniz (verniz preto para verniz incolor)

Operações de mudança de ferramenta			Duração	Classificação		
#	Actividades observadas	Tempo h:min:seg	h:min:seg	Exter na	Inter na	Desper dício
1	Retirar depósito	00:00:08	0:00:08		x	
2	Despejar resto da tinta preta do depósito no balde	00:00:05	0:00:13	x	x	x
3	Encher depósito com butil	00:00:10	0:00:23	x	x	x
4	Lavar o depósito (agitando)	00:00:05	0:00:28	x	x	x
5	Despejar butil do depósito no balde	00:00:03	0:00:31	x	x	x
6	Deslocar-se para cortar papel azul do rolo	00:00:03	0:00:34	x	x	x
7	Limpar exterior do depósito com papel azul, utilizando o butil que se encontra no seu interior	00:00:46	0:01:20	x	x	x
8	Limpar o orifício onde o depósito encaixa	00:00:18	0:01:38		x	
9	Encher o depósito com butil	00:00:10	0:01:48	x	x	x
10	Posicionar depósito na seu encaixe	00:00:24	0:02:12		x	
11	Ligar tubo ao cicuito (antes da cabeça)	00:00:16	0:02:28		x	
12	Purgar circuito (antes da cabeça) até começar a sair solvente lavado	00:01:10	0:03:38		x	
13	Desligar tubo	00:00:15	0:03:53		x	
14	Retirar depósito	00:00:09	0:04:02		x	
15	Deslocar-se para cortar papel azul do rolo	00:00:11	0:04:13	x	x	x
16	Limpar encaixe do depósito com papel azul	00:00:08	0:04:21	x	x	x
17	Limpar o orifício onde o depósito encaixa	00:00:13	0:04:34		x	
18	Limpar novamente o depósito, utilizando butil que se encontra no seu interior	00:00:27	0:05:01	x	x	x
19	Despejar butil do depósito no balde	00:00:03	0:05:04	x	x	x
20	Deslocar-se para cortar papel azul do rolo	00:00:08	0:05:12	x	x	x
21	Deslocar-se à bancada das tintas	00:00:10	0:05:22	x	x	x
22	Encher depósito com verniz incolor	00:00:25	0:05:47	x	x	x
23	Deslocar-se para junto da máquina	00:00:10	0:05:57	x	x	x
24	Posicionar depósito no seu encaixe (c/ auxílio do papel azul)	00:00:23	0:06:20		x	
25	Deslocar-se para pegar numa seringa	00:00:04	0:06:24	x	x	x
26	Lavar e encher seringa com butil	00:00:20	0:06:44		x	
27	Ligar seringa à cabeça	00:00:09	0:06:53		x	
28	Purgar cabeça	00:00:15	0:07:08		x	
29	Lavar e encher seringa com butil	00:00:23	0:07:31		x	
30	Ligar seringa à cabeça	00:00:07	0:07:38		x	
31	Purgar a cabeça	00:00:15	0:07:53		x	
32	Lava e encher seringa com butil	00:00:20	0:08:13		x	
33	Ligar seringa à cabeça	00:00:07	0:08:20		x	
34	Purgar a cabeça	00:00:15	0:08:35		x	
35	Purgar o solvente do circuito até chegar o verniz	00:00:34	0:09:09		x	